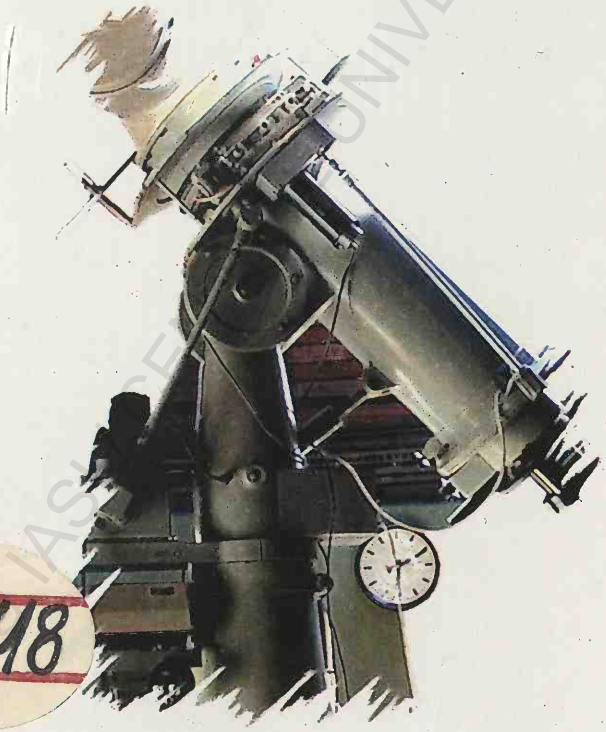
II-13.718

Vasile BĂICAN Dragoş C. NICA

TOPOGRAFIE

Lucrări practice



13.718

EDITURA UNIVERSITĂȚII „ALEXANDRU IOAN CUZA“ IAȘI

UNIVERSITATEA "AL.I. CUZA" IAŞI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE – GEOLOGIE
DEPARTAMENTUL DE GEOGRAFIE

Prof. univ. dr. **V. BĂICAN**, Prep. **DRAGOŞ C. NICA**

317848
B.C.U. IASI

TOPOGRAFIE

Lucrări practice

Bibliotecii de Geografie-Geologie

DONAT,
Prof.univ.dr. V. Băican
UNIVERSITATEA "AL.I. CUZA" IAŞI
Departamentul - GEOGRAFIE
15.04.2005

Nica D.

EDITURA UNIVERSITĂŢII "AL.I.CUZA" - IAŞI
IAŞI – 2004

Cuvânt inainte

Culegerea de față a fost întocmită în acord cu programa analitică a cursului de **Topografie** care se predă studenților din anul I, de la toate specializările din Departamentul de Geografie al Facultății de Geografie și Geologie, Universitatea „Al. I. Cuza" – Iași.

Menționăm însă că, deoarece numărul de ore din planul de învățământ, pentru cursul și lucrările practice de Topografie, este foarte redus (doar 1 - 2 ore / săpt.), timp de 1 semestru (14 săpt.), nu se pot efectua prea multe lucrări practice specifice acestei discipline.

Ca urmare, având în vedere că în planul de învățământ, sunt repartizate doar 1 – 2 ore / săpt. pentru lucrările practice de Topografie și că aceiași studenți frecventează și lucrările practice de Cartografie, am repartizat toate problemele legate de reprezentările grafice / cartografice și desenul lor, la lucrările practice de Cartografie, lăsând să se efectueze la orele de **lucrări practice de Topografie** numai problemele stricte ale acestei discipline – prezentarea și utilizarea aparaturii, inclusiv a celei moderne, ca și a metodelor de bază pentru măsurarea unghiurilor și a distanțelor și utilizarea principalelor aparate de fotointerpretare geografică – stereoscoape, interpetoscop ș.a.

In acest fel, credem că studenții dobândesc suficiente cunoștințe despre modul de concepere și realizare a hărților topografice – instrumente indispensabile cercetării științifice geografice și geologice, dar și altor domenii ca: botanică, istorie – arheologie, agricultură - silvicultură, construcții hidrotehnice etc.

Această culegere a fost realizată ca un îndrumar și sperăm că ea va satisface cerințele esențiale de topografie ale studenților, ca și ale diverșilor specialiști din diferite domenii de activitate - geografie, geologie, botanică, istorie - arheologie, agricultură, silvicultură, construcții și amenajări hidrotehnice etc., de la care așteptăm sugestii cât mai utile pentru o eventuală nouă tipărire.

Autorii

CUPRINS

Pag.

Cuvânt înainte.....2

1. NOȚIUNI GENERALE DE BAZĂ UTILIZATE ÎN TOPOGRAFIE.....6
1.1. Noțiuni teoretice de bază.....6
1.2. Noțiuni generale de geomorfologie.....7
1.3. Planuri și hărți topografice.....10
1.4. Unitățile de măsură utilizate în topografie.....11
1.4.1. Unitățile de măsură pentru lungimi.....11
1.4.2. Unitățile de măsură pentru suprafețe.....12
1.4.3. Unitățile de măsură pentru unghiuri.....13
1.4.4. Calculatoare electronice.....14
1.4.5. Mijloace grafice de calcul.....14
1.4.5.1. Abace.....15
a. Abaca trigonometrică Nest
b. Abaca topografică Ciurileanu
c. Graficul pentru reducerea distanțelor la orizont.....17
d. Nomograma pentru calculul coordonatelor relative.....17
1.5. Determinarea poziției unui punct.....18
a. Determinarea planimetrică a unui punct
b. Determinarea poziției planim. prin unghiuri
c. Determin. poziției planim. a unui punct prin distanțe și unghi
b. Determinarea altimetrică a unui punct
1.6. Operațiuni topografice.....20
1.6.1. Măsurători topografice: instrumente și metode de măsurare
1.7. Semnele convenționale (simbolurile cartografice).....20
1.7.1. Generalități; clasificare
1.8. Scrierea hărților.....21

LUCRĂRI PRACTICE DE TOPOGRAFIE.....24

Lucrarea practică nr. 1

1. LUNETA TOPOGRAFICĂ.....24
1.1. Caracteristicile tehnico - funcționale
1.2. Punerea la punct a lunetei topografice
1.3. Punctarea obiectelor vizate în teren

2. MĂSURAREA INDIRECTĂ STADIMETRICĂ ȘI TELEMETRICĂ A DISTANȚELOR ÎN TEREN.....30
2.1. Generalități.....30
2.2. Măsurarea stadimetrică a distanțelor în teren.....31
2.2.1. Instrumente și aparate necesare
2.2.2. Măsurarea stadimetrică a distanțelor cu stadia verticală.....38

Pag.
2.2.3.Determinarea numărului generator (G) pe stadia verticală...39
2.2.4.Efectuarea citirilor pe stadia verticală pentru determinarea distanței.....41
2.2.5.Măsurarea stadimetrică a distanțelor cu stadia orizontală.....42
2.2.6. Reducerea distanțelor la orizont.....43
2.3. Măsurarea telemetrică a distanțelor.....44
2.4. Precizia măsurării indirecte a distanțelor; toleranțe.....45
3. PROCEDEE PENTRU DETERMINAREA EXPEDITIVĂ A DISTANȚELOR ÎN TEREN.....46

Lucrarea practrică nr. 2

2. CUNOAȘTEREA TEODOLITULUI TAHIMETRIC.....52
2.1. Generalități.
2.2. Părțile componente ale unui teodolit clasic şi ale unuia modern...53
2.3. Teodolitele digitale - electronice 58
2.4. Anexele teodolitului – tahimetru
2.5. Verificarea şi rectificarea teodolitelor.....61
2. PUNEREA ÎN STAȚIE A INSTRUMENTELOR TOPOGRAFICE...63
2.1. Centrarea teodolitului în punctul de stație.....63
2.1.1. Centrajul cu fir cu plumb
2.2.2. Centrajul optic (cu dispozitiv optic independent şi propriu)
2.2. Calarea instrumentelor topografice.....67
2.2.1. Nivelele teodolitului tahimetru.....69
2.2.2. Calarea teodolitului cu o singură nivelă torică.....70

Lucrarea practică nr. 3
3. MĂSURAREA UNGHIURILOR ÎN TOPOGRAFIE..... 72
3.1. Generalități.....72
3.2. Folosirea microscopului cu scăriță.....73

Lucrarea practică nr. 4
4.1. METODELE DE MĂSURARE A UNGHIURILOR ORIZONTALE...77
4.1.1. Metoda simplă.....77
4.1.2. Metoda repetiției.....82
4.1.3. Metoda reiterației (seriilor).....82
4.1.4. Măsurarea unghiurilor verticale.....83
4.2. METODELE DE ORIENTARE A TEODOLITULUI ÎN TEREN.....84
4.2.1. Orientarea teodolitului tahimetru cu busola şi declinatorul şi măsurarea orientării laturilor unghiurilor.....84

Lucrarea practică nr. 5

5. FOLOSIREA BUSOLELOR LA MĂSURAREA UNGHIURILOR...89
5.1. Generalități.....89
5.2. Busola tip B_1 – 69 (I.O.R.).....92
5.3. Busola tip "Turism" (I – 4).....95
5.4. Busola penru uz didactic.....96
5.5. Busolele geologice.....98

Lucrarea practică nr. 6
6. DETERMINĂRI ALTIMETRICE DE PUNCTE ŞI CUNOAŞ – TEREA ALTIMETRULUI 99
6.1. Noțiuni generale.....99
6.2. Nivelmentul geometric (direct).....102.
6.2.1. Instrumentele nivelmentului geometric
6.2.2. Verificarea şi rectificarea instr. de nivelm. geometric
6.2.3. Procedeele nivelmentului geometric
6.3. Nivelmentul trigonometric (indirect).....115
6.4. Procedeele expeditive pentru determinarea unghiului de pantă.....123
6.5. Nivelmentul barometric (fizic).....127
Lucrarea practică nr. 7
7. CUNOAŞTEREA ŞI MÂNUIREA APARATAJULUI DE FOTO-GRAMMETRIE 138
7.1. Generalități.....138
7.2. Fotograma.....138
Lucrări de fotogrammetrie planigrafică.....150
7.3. Redresarea aerofotogramelor şi cunoaşterea aparatelor de foto – interpretare.....150
7.4. Lucrări de stereofotogrammetrie.....155

BIBLIOGRAFIE.....170

BCU IAŞI / CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

1. NOȚIUNI GENERALE DE BAZĂ UTILIZATE ÎN TOPOGRAFIE

1.1. Noțiuni teoretice de bază

În general, în lucrările topografice, se operează frecvent cu mărimi liniare și unghiulare, ce se măsoară în teren sau se deduc prin calcule. Sensul general al

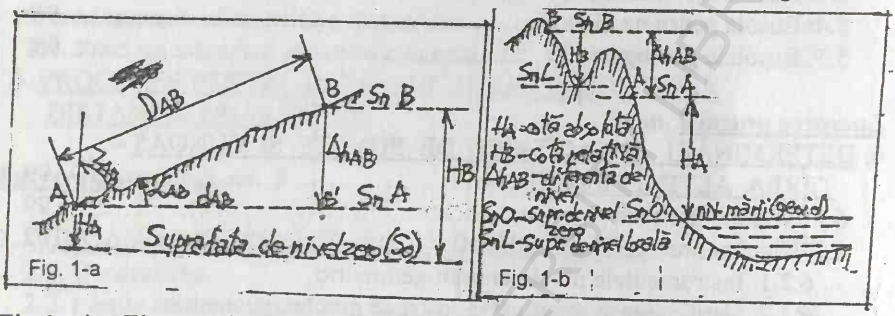


Fig.1- a) – Elementele topografice în plan vertical b) – Cotă absolută și cotă relativă

unora din ele poate fi dedus prin reprezentarea a două puncte din teren A și B, cunoscute, pe un plan vertical (Fig. 1-a) și pe un plan orizontal (Fig. 1-b). În acest fel se pot distinge :

- *Aliniamentul AB,* rezultat prin intersecția suprafeței terenului cu un plan vertical ce trece prin punctele A și B ;

- *Distanța înclinată* (L_{AB}), respectiv segmentul de dreaptă din spațiul considerat pe suprafața Pământului ($L_{AB} = AB$) ;

- *Distanța redusă la orizont* (d_{AB}), reprezentând proiecția ortogonală a distanței înclinate L_{AB} pe un plan orizontal de referință ($d_{AB} = AB$) ;

- *Suprafața de nivel,* oarecare, perpendiculară în orice punct al ei pe direcția accelerației gravitaționale, ce poate fi dusă prin orice punct și asimilată cu planul orizontal al locului (pe suprafețe limitate) ;

- *Suprafața de nivel zero* (S_o), ce se identifică cu nivelul oceanelor și mărilor deschise presupuse în echilibru (geoidul) și prelungită și pe sub conti – nente ; ea reprezintă suprafața de referință a nivelmentului;

-*Altitudinea reliefului* (H_A, Z_A) reprezintă distanța pe vereticală a unui punct măsurată începând de la nivelul 0_m al mărilor (***altitudinea sau cota absolută)***, sau de la o suprafață de nivel locală - ex. fundul unei văi (***altitudinea sau cota relativă***, notată cu $\Delta_Z, \Delta_H, \Delta_z, \Delta_h$), ca în Fig. 1 – b.

1.2. Noțiuni de geomorfologie

Pentru caracterizarea formelor de relief reprezentate pe hărțile topografice în curbe de nivel, apreciem că sunt absolut necesare cunoștințe privind prin – cipalele noțiuni de geomorfologie. Folosind termenii și definițiile formulate în „Dicționar geomorfologic" *(V. Băcăuanu și colab. – 1974)*, considerăm că acestea ar fi următoarele:

Vale – Formă negativă de relief, îngustă și prelungă, cu o pantă longitudinală domoală, dar continuă, într-o singură direcție, creată prin acțiunea dominantă a apelor curgătoare. Pe hărțile topografice, văile pot fi identificate ușor, curbele de nivel fiind, în lungul lor, concave spre punctul de confluență a râului.

Vale simetică – Vale ai cărei versanți sunt egal înclinați. În cazul acestor vcăi, curbele de nivel sunt egal distanțate pe ambii versanți.

Vale asimetrică – Vale ai cărei versanți au înclinări diferite. Pe hărțile topografice, astfel de văi se recunosc ușor, curbele de nivel care redau versantul mai înclinat fiind mult mai apropiate între ele față de acelea care redau versantul mai puțin înclinat.

Vad – Porțiune din albia minoră a unui râu caracterizată prin maluri joase și apă puțin adâncă, prin care se poate trece de pe un mal pe altul.

Albie minoră – Canalul prin care se scurge, în mod obișnuit, apa unui râu; ea poate fi unitară sau despletită, în brațe secundare.

Albie majoră – Suprafața fundului de vale acoperită de apele râului în timpul perioadelor de nivel maxim. Ea poate fi dezvoltată simetric sau asimetric față de albia minoră; mai este denumită și ***lunca*** sau ***șesul*** râului.

Mal – Margine de înclinări și înălțimi variate ale albiei minore a unui râu. Acolo unde albia minoră prezintă sinuozități și meandre, malul concav este abrupt, datorită eroziunii laterale la care este supus, în timp ce malul convex are o înclinare slabă, datorită depunerii aluviunilor. Malurile abrupte sunt redate pe hărțile topografice printr-un simbol special, sub forma unei linii groase cu numeroasae bergstrich – uri.

Meandru – Sinuozitate accentuată a unui râu care apare, de obicei, în sectoarele în care panta este redusă.

Terasă – Forma de relief cu aspect de treaptă, situată în lungul văilor fluviale, al ţărmurilor marine şi lacustre.

Terasă fluviatilă – Treaptă de relief din lungul râurilor, care ia naştere din vechi albii majore, ca urmare a adâncirii în timp a arterei hidrografice.

Talveg – Linia care uneşte punctele cu altitudinea cea mai coborâtă din lungul albiei minore a unui râu.

Cumpăna apelor (linia de despărţire a apelor) – Linia care delimitează bazinele hidrografice a două râuri vecine. De la această linie, apele de suprafaţă se dirijează în sensuri opuse. În teren, ea corespunde cu linia altitudinilor maxime dintre două văi vecine. Pe hărţile topografice, ea poate fi trasată cu uşurinţă, urmărind configuraţia curbelor de nivel.

Deal – Formă pozitivă de relief cu înălţimi de ordinul câtorva sute de metri, caracterizată printr – o masivitate pronunţată.

Munte – Formă pozitivă de relief care poate avea înfăţişări foarte variate. Este caracterizată prin altitudine absolută mare, de obicei peste 800 m şi îndeosebi printr -o mare energie de relief.

Colină - Formă specifică de deal mai scund, lung şi îngust, formată prin intersecţia versanţilor relativ abrupţi.

Energia reliefului – Diferenţa de înălţime dintre două puncte vecine de altitudine maximă şi altitudine minimă. Este sinonimă cu adâncimea fragmentării reliefului, amplitudinea reliefului, fragmentarea verticală a reliefului.

Creastă – Culme îngustă de colină, deal sau munte, formată prin intersecţia versanţilor relativ abrupţi.

Ostrov – Insulă fluviatilă aluvială de formă alungită, creată prin acţiunea de aluvionare în albia minoră. Pe hărţi, este redat printr - un simbol special, un areal cu puncte mici.

Vad – Porţiune din albia minoră a unui râu caracterizată prin maluri joase şi apă puţin adâncă, prin care se poate trece de pe un mal pe celălalt.

Versant – Forma de relief înclinată reprezentând un flanc de vale., de deal sau de munte. O vale are doi versanţi, denumiţi versantul stâng şi versantul drept, cum privim în direcţia de curgere a apei râului.

Mamelon – Ridicătură de teren izolată, având de obicei vârful rotunjit. Pe hartă, sunt redate prin curbe de nivel închise.

Pantă - Înclinarea unui versant, a unei suprafețe de teren, a profilului longitudinal al unui talveg. Ea se exprimă prin valoarea în grade a unghiului format de linia considerată și un plan orizontal.

Platou – Formă pozitivă de relief cu suprafața plană sau ușor vălurată și care este orizontală sau slab înclinată, fiind mărginită de abrupturi sau de versanți puternic înclinați. Pe hărțile topografice, este redat prin curbe de nivel mult distanțate, apelându - se și la curbe de nivel ajutătoare.

Movilă – Formă pozitivă de relief, de regulă de origine antropică, de mici dimensiuni și cu aspect de calotă sferică. Sunt mai frecvente în regiunile de câmpie și de dealuri, iar pentru reprezentarea lor pe hartă este utilizat un semn special.

Pas – Loc mai coborât, *înșeuare,* care favorizează traversarea unei culmi sau a unui lanț montan.

Șa (*sin.* înșeuare) – Porțiune mai coborâtă a unei culmi muntoase sau deluroase. Trecerea de la sectoarele mai înalte din lungul unei culmi la sectorul mai coborât, care formează șaua propriu – zisă, se face gradat.

Ravenă (*Râpă torențială)* – Formă de relief cu aspect de șanț, care ia naștere pe suprafețe înclinate, formate din roci friabile, în urma scurgerii torențiale. În interiorul său, eroziunea conformă este înlocuită, în mare măsură, de cea regresivă.

Piemont (P. de acumulare , P. de eroziune) – Formă de relief cu aspectul unui vast plan înclinat, care face racordul între o regiune muntoasă și regiunile joase din jur.

Glacis – Formă de relief aproape netedă și ușor înclinată, care mărginește un versant de munte, deal, cuestă, fruntea unei terase etc.

Defileu – Sector de vale îngustă, încadrat între două sectoare mai largi.

Chei – Sector de vale îngustă și adâncă, cu pereții verticali sau aproape verticali, săpat în roci dure, mai ales calcaroase.

Debleu – Microformă negativă de relief antropic, sub forma unui șanț de mari dimensiuni, necesar construirii căilor de comunicații.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

Rambleu – Formă de relief antropic efectuată în vederea ridicării terenului pe care se construiesc şosele, căi ferate ş.a. Are aspectul unui mic dig cu înălţimi variabile faţă de terenul înconjurător.

Depresiune – Sector al scoarţei terestre, de dimensiuni variabile, caracterizat printr- o altitudine inferioară faţă de regiunile înconjurătoare.

Fruntea terasei - Abuptul prin care terasa domină albia majoră sau podul terasei inferioare pe care se sprijină. Pe hărţile topografice, terasele fluviale se pot recunoaşte uşor printr – o alternanţă de fâşii înguste şi paralele cu axa văii, redate printr – un grup de curbe de nivel foarte apropiate şi fâşii mai largi, redate prin curbe de nivel foarte distanţate.

Podul terasei – Suprafaţa plană şi aproape orizontală a terasei care, spre axul văii, domină fruntea terasei. Iar în partea opusă este dominată, la rândul ei, de restul versantului sau de fruntea unei terase mai înalte.

1.3. Planuri şi hărţi topografice

Ansamblul lucrărilor efectuate pe teren şi în birou necesar obţinerii imaginii terenului constituie o ***ridicare topografică*** sau mai simplu ***ridicare.***

Obiectul final al topografiei este obţinerea imaginii grafice a terenului, care poate fi un plan sau o hartă topografică.

Planul topografic este reprezentarea grafică a unei porţiuni mici de teren, la o scară de proporţie foarte mare (între 1 : 1oo – 1 : 25.000), în care nu se ţine seama de sfericitatea Pământului. Deoarece suprafaţa ridicată este foarte mică în comparaţie cu sferoidul pământesc, ea poate fi asimilată unui plan. Fiind la o scară foarte mare, planul topografic este o reprezentare foarte amănunţită, redând aproape toate detaliile suprafeţei de teren respective.

Harta topografică este reprezentarea tot în plan, dar la o scară mare (1 : 25.000 –1 : 200.000, iar în ţările mari, până la 1 : 500.000), în care se ţine seama de sfericitatea Pământului. Suprafaţa reprezentată este foarte mare – până la mărimea unui stat, încât este mai puţin amănunţită faţă de un plan topografic.

Hărţile topografice ale unui stat sunt realizate pe porţiuni denumite ***foi topografice,*** ceea ce înlătură nejunsul utilizării unor coli prea mari de hârtie ca la alte categorii de hărţi pentru identificarea uşoară a nomenclaturii foilor la orice scară, sunt întocmite ***schelete*** ale foilor, care prezintă împărţirea teritoriului ţării în foi topografice la diverse scări de proporţie.

Fiecare foaie topografică are o anumită ***nomenclatură,*** care reprezintă totalitatea indicilor sub forma de litere şi cifre, care însoţesc titlul foilor în scopul precizării poziţiei lor pe un teritoriu sau pe globul pământesc.

1.4.Unităţi de măsură utilizate în topografie.

1.4.1. *Unităţi de măsură pentru lungimi*

În sistemul internaţional de măsură (S.I.), unitatea fundamentală pentru măsurarea lungimilor este ***metrul,*** care a fost definit în 1790, de o comisie a Academiei de Ştiinţe a Franţei, iar denumirea de metru a fost adoptată la propunerea deputatului Claude Antoine Duvernois (după cuvântul grecesc *„metron"* = măsură). Metrul etalon depus le Sèvres, de lângă Paris, este construit dintr-un aliaj de platină (90%) şi iridiu (10%). In epoca actuală, metrul este definit ca fiind a 299.792,458 - a parte a distanţei parcurse de lumină, în vid, într-o secundă.

În România, sistemul metric a fost introdus prin *„Legea pentru adoptarea sistemului metric în România"*, publicată în M. O. nr. 218 / 21 sept. / 30 oct. 1865 şi aplicabilă până la 1 ian. 1866.

Acest sistem a fost adoptat ulterior de majoritatea ţărilor, cu excepţia S.U.A., Marii Britanii şi altor ţări de limbă engleză.

Multiplii şi submultiplii metrului:

- 1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm;
- 1 mm = 1000 μ (microni) = 1.000.000 mμ (milimicroni);
- 1 km = 10 hm = 100 dam = 1000 m.

Unităţi de măsură în Anglia şi S.U.A.:

- 1 inch (in) sau ,ol = 25,4 mm;
- 1 foot (ft) sau picior = 12 inchs = 0,30480;
- 1 yard (yd) = 3 feet = 0,914399 m;
- 1 Statute mile (mila terestră engleză) = 1760 yd = 1609,344 m;
- 1 nautical mile (mila marină engleză) = 1855 m;
- 1 milă S.U.A. = 1609,347 m;
- 1 league (leghe) = 5,55 km.

Unităţi de măsură în Franţa:

- 1 toise = 1,94904 m;
- 1 milă franceză = 1000 toises = 1.949,04 m.

Unităţi de măsură utilizate în diverse alte state :

- 1 milă romană (1000 paşi) = 1477,5 m ;
- 1 milă geografică romană = 7420, 438 m;
- 1 milă austiacă = 7,586 km ;
- 1 milă ungurească = 8,356 km ;
- 1 leghe geografică = 4445 m (1 / 25 dintr – un arc de 1° de meridian) ;

În trecut, s-au folosit:

În Rusia țaristă :
- 1 verstă = 500 sajeni = 1,6088 km ;
- 1 sajen = 3 arşini = 2,134 m ;
- 1 arşin = 28 diuime = 0,7112 km ;
- 1 linie = 0,254 cm.

În Egiptul antic:
- 1 stadie egipteană = 162 m:

În Grecia antică:
- 1 deget = 0,0192 m;
- 1 cot = 0,462 m.

La romani:
- 1 deget = 0,0185 m;
- 1 cot = 0,444 m;
- 1 milă romană = 1480 m.

Unități de măsură vechi folosite în România:

În Muntenia	În Moldova	În Transilvania
- 1 stânjen = 1,906 m	= 2,23 m	= 1,896 m
- 1 palmă = 0,25 m	= 0,28 m	1 picior = 0,316 m
- 1 deget = 0,25 m	= 0,03 m	= 0,026 m
- 1 linie = 0,002 m	= 0,003 m	= 0,002 m
- 1 prăjină = 3 stânjeni = 5,8995 m = 4 stânjeni = 8,92 m		-

1.4.2. **Unități de măsură pentru suprafețe:**

Pe plan ***internațional***, este recunoscută ca unitate de măsură **metrul pătrat** (m^2) cu multiplii şi submultiplii săi:
- 1 m^2 = 100 dm^2 = 10,000 cm^2 = 1.000.000 mm^2;
- 1 dm^2 = 100 cm^2; 1 cm^2 = 100 mm^2;
- 100 m^2 = 1 dam^2 = 1 ar;
- 1 ar = 100 m^2; 1 km^2 = 100 ha = 10.000 dam^2 = 1.000.000 m^2;

În România, s-a utilizat stânjenul pătrat (stj^2), cu valori diferite:
- în Moldova.....1 stj^2 = 4,972900 m^2;
- în Muntenia.....1 stj^2 = 3,867122225 m^2;
- în Transilvania.....1 stj^2 = 3,59565095 m^2.

Alte unități de măsură utilizate în trecut:
- în Moldova.....prăjina fălcească = 179,024 m^2;
- „ falcea = 14.321,95 m^2.

În Muntenia.....prăjina pogonească = 54 stj^2 = 208,82 m^2;
- “ pogonul = 5012 m^2
- în Transilvania.....jugărul cadastral = 0,575464115 ha

În Anglia şi S.U.A.:

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- 1 square inch (sq.in) sau țol pătrat = 6,45 cm^2;
- 1 square foot (sq. ft) sau picior pătrat = 9,29 dm^2;
- 1 square yard (sq. yd) sau yard pătrat = 9 picioare pătrate = 0,836176m^2;
- 1 square mile (sq.mile) sau milă pătrată = 259 ha;
- 1 acre (acru) = 4840 yarzi pătrați = 0,4047 ha.

1.4.3. ***Unități de măsură pentru unghiuri***

Pentru unghiuri, unitățile de măsură folosite sunt gradele, miimile și radianii. Gradele și miimile reprezintă divizarea geometrică a cercului, în timp ce radianii reprezintă divizarea analitică.

Gradele pot fi sexagesimale și centezimale.

În ***sistemul sexagesimal*** : 1 cerc = 360°, cadranul = 90° ; 1° = 60′ ; 1′ = 60′′ și ca urmare 360° = 21.600′ = 1.296.000′′.

Împărțirea cicumferinței în 360° a fost propusă prima dată de astronomul antic grec Hiparh (c. 190 – 125 î.H.).

În ***sistemul centezimal*** : 1 cerc = 400^g, iar cadranul = 100^g, $1^g = 100^c$; $1^c = 100^{cc}$, ca urmare , $400^g = 40.000^c = 4.000.000^{cc}$.

În general, la construcția aparatelor pentru măsurarea unghiurilor (teodolite, tahimetre etc.) vechi, clasice, s-a utilizat mai ales sistemul sexagesimal, iar la aparatele moderne, este folosit mai ales sistemul centesimal, care prezintă multe avantaje la măsurarea unghiurilor și în calculele necesare. Pentru transformarea gradelor sexagesimale în centezimale, se utilizează tabele speciale, sau calcule, ținând cont de mărimile corespondente între cele două sisteme :

$1^\circ = 1^g111\ldots$ $\qquad 1^g = 0^\circ54' = 54'$;

$1' = 0^g01852 = 1^c85^{cc},2$ $\qquad 1^c = 0^\circ00'32'',4 = 32'',4$;

$1'' = 0^g000309 = 3^{cc},09$ $\qquad 1^{cc} = 0^\circ00'00''32 = 0'',32$.

Miimea reprezintă unghiul care subîntinde un arc de cerc egal cu 1 / 1000 din raza sau unghiul sub care se vede o lungime de 1m de la distanța de 1000 m.

1‰ < 1° de 17 ori, deci 50‰ ≈ 3°

Dacă raza cercului R = 1000, lungimea cercului = 2 . 3,14 . 1000 = 6283‰.

Pentru ușurarea divizării cercului sau a semicercului în miimi, se consideră frecvent că cercul are 6.400 miimi sau chiar 6.000 miimi. Așa, de exemplu, cercul gradat al busolei militare "**Original BĖZARD** » are 6.400‰, iar al celei românești « $\mathbf{B_1 - 69}$ » **(I.O.R.)** are 6.000‰.

1.4.4. Calculatoare electronice.

În perioada actuală, calculatoarele electronice au devenit, şi în topografie, instrumente indispensabile pentru rezolvarea marelui volum de calcule necesare determinării, mai ales a coordonatelor punctelor.

Calculatoarele electronice au apărut după anul 1940, după care s-au perfecţionat şi s-au răspândit foarte repede, încât utilizarea lor în calculele topografice reprezintă o adevărată revoluţie, care tinde să se generalizeze şi să elimine mijloacele clasice. *Primul calculator* – cu relee electromagnetice, a început să fie construit în S.U.A., în anul 1940. Între 1942 - 1945, tot în S.U.A., a fost construit primul calculator electronic, iar în Europa, primele calculatoare se datoresc lui ZÛSE (Germania, 1942) şi EDSAC (Cambrigde – Marea Britanie).

Primul calculator românesc a fost construit şi pus în funcţie la IFA – Bucureşti, în 1957; a urmat apoi tipul CIFA – 2, 3, 4 şi 5 şi CIFA 101 şi 102, cele de la Timişoara MECIPT 1 şi 2 şi cele de la Cluj – DACICC 1 şi DACICC 200, ambele din generaţia a doua. Ulterior, la noi, calculatoarele mijlocii şi mari (din generaţia II – III) au fost grupate în centre teritoriale de calcule electronice, care deservesc şi serviciile de ridicări topografice planimetrice.

Calculatoarele electronice utilizate în mod frecvent în calculele topografice, sunt de diferite tipuri cu caracteristici diverse:

Calculatoarele de buzunar au dimensiuni reduse şi permit efectuarea doar a operaţiunilor aritmetice de bază; unele au şi funcţii trigonometrice *(sin, cos, tg)* dau valoarea acestora directă şi inversă, eventual logaritmi, funcţii exponenţiale, radicali, ridicări la putere, funcţii statistice etc. Valorile naturale ale funcţiilor trigonometrice se dau direct pentru gradaţie sexagesimală şi centezimală, eventual indirect prin transformare; la ora actuală, în comerţ, se găseşte o gamă foarte variată de astfel de calculatoare, care sunt comode şi la îndemâna oricui.

Calculatoarele de birou, care sunt micro şi minicalculatoare, se prezintă, la fel, într-o mare varietate de tipuri şi modele având caracteristici similare celor de buzunar, superioare sau mult superioare, unele făcând tranziţia între calculatoarele de buzunar şi cele mijlocii ; ele au fost mult utilizate până de curând, fiind treptat înlocuite cu

Calculatoarele electronice mijlocii şi mari din generaţia II şi III, care sunt în dotarea multor instituţii specializate, pot rezolva, pe bază de program, calcule topografice complexe: calculul şi compensarea drumuirilor, transcalculări, compensări prin metode riguroase ş.a.Astfel de calculatoare, dintre care amintim calcalculatoarele IBM 360 şi Wang 2.200, au devenit indispensabile şi sunt la îndemâna oricui.

1.4.5. Mijloace grafice de calcul. În topografie, pentru obţinerea mai rapidă a unor date, sunt utilizate diverse mijloace grafice, printre care **abacele** şi **nomogramele,** care sunt reprezentări grafice, la o scară mai mare, a unor funcţii matematice.

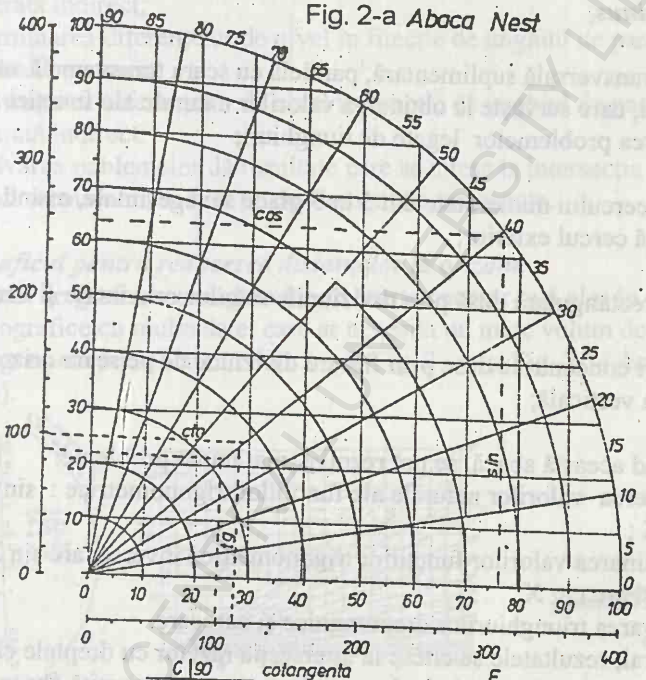
1.4.5.1. **A b a c e**

O abacă reprezintă o construcție grafică complexă, care permite rezolvarea rapidă a mai multor probleme. În cadrul lucrărilor topografice sunt utilizate diferite tipuri de abace, dintre care menționăm:

a. ***Abaca trigonometrică Nest*** este construită pe un sfert de cerc și se compune din următoarele elemente (Fig. 2 – a) :

Fig. 2 – a) - Abaca Nest

Fig. 2-a *Abaca Nest*



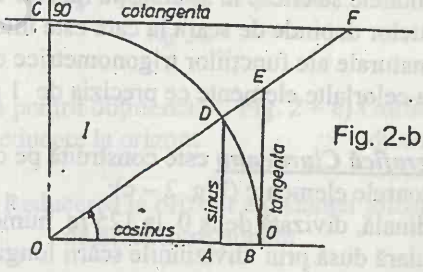


Fig. 2-b

Fig. 2 – b)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- scara longitudinală simplă având 100 diviziuni, care serveşte la obţinerea valorilor natuale ale funcţiei trigonometrice ***cosinus;***

- scara longitudională suplimentară, paralelă cu scara anterioară, având 400 diviziuni, care serveşte la obţinerea valorilor naturale ale funcţiei trigonometrice ***cotangentă*** şi rezolvarea problemelor legate de triunghiuri;

- scara transversală cu 100 diviziuni, servind la obţinerea valorilor natutrale ale funcţiei ***sinus***;

- scara transversală suplimentară, paralelă cu scara transversală amintită, cu 400 diviziuni, care serveşte la obţinerea valorilor naturale ale funcţiei ***tangentă*** şi la rezolvarea problemelor legate de tiunghiuri;

- razele cercului numerotate din 5 în 5 grade sexagesimale, având valori înscrise lângă cercul exterior;

- reţea rectangulară dusă prin diviziunile scărilor orizontale şi verticale;

- cercuri concentrice duse prin fiecare diviziune de pe scara orizontală, până la scara verticală;

Folosind această abacă, se pot rezolva mai multe probleme:

- deducerea valorilor naturale ale func'iilor trigonometrice : sin X, cos X, tg X şi ctg X ;

- deteminarea valorilor funcţiilor trigonometrice inverse: arc sin X, arc cos X, arc tg X şi arc ctg X;

- rezolvarea triunghiurilor dreptunghice şi oarecare.

În general, rezultatele se citesc la intersecţia razelor cu dreptele caroiajului.

Precizia rezultatelor depinde de scara la care este întocmită abaca. Pentru obţinerea valorilor naturale ale funcţiilor trigonometrice cu două zecimale şi pentru determinarea celorlalte elemente ce precizia de 1 m , abaca dă rezultate satisfăcătoare.

b) ***Abaca topografică Ciurileanu*** este construită pe o optime de cerc şi se compune din următoarele elemente (Fig. 2 – c):

- scara longitudinală, divizată de la 0 la 125 m, numerotată din 10 în 10 m;

- reţea rectangulară dusă prin diviziunile scării longitudinale, divizată în mm;

- arcul de cerc gradat de la 0 la 50^g centezimal, numerotat din 5 în 5 grade;

- arcul de cerc gadat de la 0 la 35^g, pentru reducerea la orizont a distanţelor măsurate cu stadia;

- arcul de cerc gradat de la 0 la 32^g pentru stabilirea diferenţelor de nivel;

- rigla mobilă, care se poate roti în jurul punctului 0 – centrul cercului din care face parte sectorul.

Cu ajutorul acestor abace se pot rezolva următoarele probleme topografice:

- obținerea coordonatelor rectangulare, în funcție de coordonatele polare;
- obținerea coordonatelor polare, în funcție de coodonatele rectangulare;
- reducerea distanțelor la orizont în funcție de unghiul de pantă și de distanța măsurată direct în teren;
- reducerea distanțelor la orizont în funcție de unghiul de pantă și de distanța măsurată indirect;
- determinarea diferențelor de nivel în funcție de unghiul de pantă și distanța măsurată direct pe teren;
- determinarea diferențelor de nivel în funcție de unghiul de pantă și de distanța măsurată indirect.

Rezolvarea poblemelor dă rezultate care se citesc la intersecția riglei mobile în dreptul caroiajului, în funcție de elementele cunoscute.

c) ***Graficul pentru reducerea distanțelor la orizont.***

Un astfel de grafic / nomogramă este foarte necesar mai ales în cadrul unor lucrări topografice cu multe date, care ar necesita un mare volum de calcule. Așa sunt nomogramele prezentate în Fig. 2 – d, Fig. 2 - e și Fig. 2-f (*după Grama I. ș.a.* - 1969).

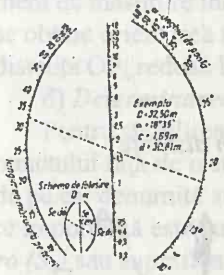


Fig. 2-d

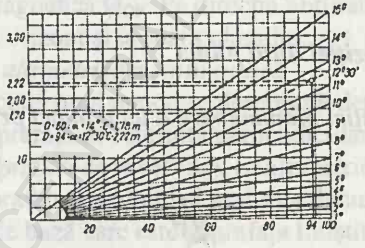


Fig. 2-e

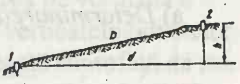


Fig. 2-f

Fig. 2 – d) Nomogramă pentru obținerea corecției de reducere la orizont

Fig. 2 – e) Grafic pentru reducerea distanțelor la orizont

Fig. 2-f) Reducerea la orizont a distanței folosind diferența de nivel între puncte

d. ***Nomograma pentru calcularea coordonatelor relative***

Nomogramele, ca și diagramele – utile pentru topografie sunt grafice de calcul folosite în lucrări expeditive și la controlul aproximativ al calculelor topografice. Nomogramele permit citirea funcțiilor de mai multe variabile, pen-

tru toate soluțiile posibile. Așa este și nomograma pentru calculul coordonatelor relative din Fig. 2 – g.

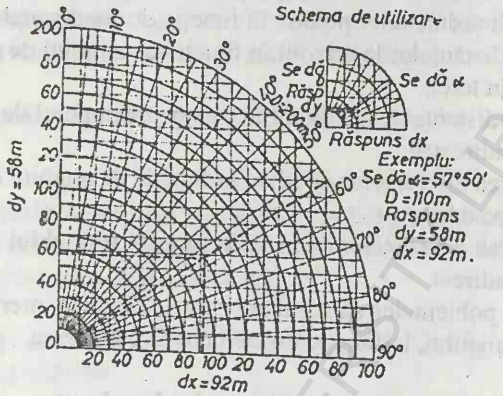


Fig. 2-g

Fig. 2 – g) Nomograma pentru calculul coordonatelor relative

1.5. ***Determinarea poziției unui punct***

a) *Determinarea poziției planimetrice a unui punct prin distanțe*

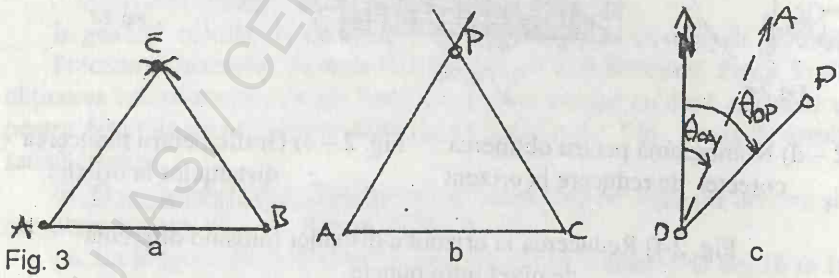


Fig. 3

(a) (b) (c)

Fig. 3 – Poziția planimetrică a unui punct determinată prin
a) distanțe; b) unghiuri; c) distanțe și unghiuri

Poziția unui punct poate fi determinată planimetric prin distanțele față de alte două puncte cunoscute (Fig. 3 - a). De exemplu, punctul C va fi determinat

față de punctele A și B prin distanțele AC și BC măsurate pe teren și reduse la scara planului topografic.

Pentru a transpune pe plan punctul C, se folosește un compas: se fixează vârful ascuțit în punctul A, se trasează un arc de cerc de rază AC, iar apoi cu vârful în B, se trasează un al doilea arc de cerc de rază BC.

Procedeul este preferabil pentru terenuri orizontale, plane; dacă terenul este înclinat, trebuie măsurate și unghiurile verticale (de pantă) pentru reducerea la orizont a distanțelor.

b) ***Determinarea poziției planimetrice a unui punct prin unghiuri***

Considerând punctele A și C cunoscute (Fig. 3 - b), se poate determina poziția unui alt punct P prin unghiurile α și ß formate de latura AC și AP și CP. Aceste unghiuri se măsoară pe teren cu ajutorul goniometrului. Având pe plan punctele A și C, se măsoară în A unghiul α și în C unghiul ß. Transpunerea unghiurilor pe plan se face cu un raportor; se obțin direcțiile AP și CP a căror intersecție dau poziția punctului P. Metoda este cunoscută sub denumirea de ***intersecție înainte.***

c) ***Poziția planimetrică a unui punct prin distanțe și unghiuri.***

Având un punct cunoscut O, se poate determina poziția unui alt punct P, cunoscând distanțele OP și unghiul format de latura OP cu direcția Polului Nord (Fig. 3 - c). Aceste elemente se numesc ***coordonate polare*** și se obțin prin măsurarea pe teren: distanța OP cu un etalon de măsurare directă, sau un instrument de măsurare indirectă a distanțelor, iar unghiul cu o busolă. În acest caz, se obține orientarea magnetică $Ø_{OP}$. Pe direcția obținută, se raportează apoi distanța OP, redusă la orizont și la scara planului.

d) ***Determinarea altimetrică a unui punct.***

Pentru stabilirea cotei unui punct, se determină depărtarea pe verticală a punctului față de o suprafață de referință perpendiculară pe verticalele punctelor de pe ea, denumită suprafață de nivel (S_n). În altimetrie, această suprafață de mare importanță este suprafața geoidului și mai este denumită ***supafața de nivel zero*** (S_o) sau suprafața de bază care este suprafața liniștită a mărilor și oceanelor preupusă prelungită și pe sub continente (Fig. 1 – b).

Lucrările altimetrice se efectuează cu instrumente de mare precizie și pot fi: ***1.Instrumente geodezice*** – pentru determinarea unei rețele de ***puncte de sprijin altimetrice*** pentru întocmirea hărților unei țări; punctele de sprijin altimetrice se determină prin două metode: nivelmentul geometric (sau nivelment geometric general ori de stat și nivelment trigonometric geodezic și 2. ***Nivelmèntul topografic*** care se execută prin mai multe metode (feluri): nivelment geometric (direct), nivelment trigonometric (indirect), nivelment barometric (fizic) și nivelment mecanic (automat). Fiecare fel de nivelment topografic utilizează metode și instrumente specifice.

1.6. Operații topografice

1.6.1. *Măsurători topografice; instrumente și metode de măsurare*

Orice ridicare topografică se execută cu instrumente și prin metode corespunzătoare, în vederea realizării unor planuri și hărți topografice și trebuie să se sprijine pe o rețea de puncte de sprijin determinate fie geodezic, fie topografic.

Totodată, punctele de sprijin trebuie să fie determinate anterior și trebuie să aibă o densitate suficientă, pentru toate ridicările topografice de detaliu.

Toate ridicările în plan presupun efectuarea unei serii de lucrări de teren și calcule comune.

Inițial, este necesară întocmirea unui anteproiect al lucrării, care constă ăn studierea pe o hartă existentă, la diverse scări de proporție – 1:20.000, 1:25.000 sau 1:50.000 a terenului ce trebuie ridicat în plan.

Urmează, apoi, recunoașterea terenului, identificându - se toate punctele de hotar, punctele de sprijin și punctele care determină detaliile naturale și artificiale ale terenului, Cu acest prilej, se întocmește o schiță a terenului și se stabilesc definitiv punctele noi care urmează a fi marcate și semnalizate corespunzător.

După acestea, urmează operațiile de măsurare a distanțelor și a unghiurilor cu instrumente topografice corespunzăroare.

Distanțele și unghiurile măsurate pe treren se prelucrează prin calcule în birou, pentru obținerea elementelor necesare întocmirii planurilor. Distanțele măsurate se reduc la orizont iar unghiurile se compensează pentru geometrizarea formelor geometrice; se aplică corecțiile și compensările necesare și se efectuează caculele necesare obținerii coordonatelor punctelor.

După terminarea calculelor, se întocmește planul topografic pe hârtie milimetrică sau hârtie de desen, prin raportarea punctelor – elementelor topografice prin metoda grafică, sau prin metoda coordonatelor. In final, punctele obținute se unesc între ele conform schiței terenului și se aplică semnele convenționale corespunzătoare, obținându – se astfel planul topografic al terenului măsurat.

1.7. Semnele convenționale – simbolurile cartografice

1.7.1. *Generalități, clasificare*

Pentru hărțile geografice generale, există șapte grupe de detalii ale suprafeței terestre sau elemente de conținut (geografice): relieful, hidrografia, vegetația și solul, așezările omenești, căile de comunicații, detalii economice și culturale și detaliile politico – administrative.

Primnele trei grupe de elemente de conținut aparțin, în principal, cadrului natural (***cadrul fizico - geografic),*** iar ultimele patru, activității omului pe suprafața terestră ***(elemente social – economice).***

Elementele de conținut ale hărților geografice generale pot fi grupate totodată în: ***elemente altimetrice*** (relieful) și ***elemente planimetrice*** (celelalte șase grupe).

Reprezentarea elementelor de conținut se realizează prin ***semne convenționale*** (simboluri cartografice).

După felul dimensionării lor, semnele convenționale utilizate pe hărțile geografice generale sunt de două feluri: 1. *Semne convenționale propriu - zise* – care se fixează pe hartă în funcție de coordonatele lor și pot fi: a.***de contur***, care se reprezintă pe hartă în funcție de scara acesteia, cu dimensiuni variabile (ex. conturul unui lac, al unei păduri, al vetrei unei așezări omenești ș.a.) și b. ***semne*** convenționale ***fără scară*** – care, în natură sunt foarte numeroase, dar având dimensiuni mici, din cauza cărora n –ar trebui redate la scara hărții ; totuși, ele se reprezintă datorită importanței lor pentru activitatea omului (ex. simbolurile pentru fântână, moară de apă, izvor, stație meteorologică etc.). 2. *Semne conv. explicative* - care nu se fixează pe hartă în funcție de coordonatele lor, ci acolo unde este necesară o lămurire suplimentară. Ele se redau fie prin ***a. semne - punct fiziografice***, așa fiind simbolul care arată un arbore izolat de foioase sau de conifere care se introduce în interiorul conturului unei păduri, indicând faptul că acolo este o pădure de foioase sau de conifere; **b. *simboluri*** sub forma de ***cifre*** sau ***litere*** – de ex. în interiorul conturului unei păduri se redă și o fracție de forma $\frac{\text{fag}}{\text{brad}}$, ce indică faptul că este o pădure în care predomină fagul și bradul, iar alături, o fracție numerică $\frac{15}{0,4}$, care arată că înălțimea medie a arborilor este 15 m, iar diametrul / grosimea medie a trunchiului arborilor este de 0,4 m; sau uneori, lângă simbolul de izvor mineral •, se indică mineralizația apei (sulf, N_aCl, ș.a.).

Dintre toate elementele de conținut, cel mai greu de reprezentat pe hartă este relieful, deoarece are o multitudine de forme și posedă și a treia dimensiune – altitudinea.

În etapa actuală, la reprezentarea reliefului pe hărțile geografice generale sunt utilizate *8 metode fundamentale*: metoda cotelor, curbelor de nivel, tentelor hipsometrice, haşurilor, punctelor dimensionate, umbririi, stereoscopică și metoda perspectivă.

Toate aceste metode de reprezentare cartografică a reliefului ar trebui să îndeplinească două proprietăți de bază: ***plasticitatea*** – conform căreia formele de relief ar trenbui să se distingă dintr–o privire, fără un efort vizual deosebit și ***comensurabilitatea,*** care permite efectuarea pe hartă a unor determinări cantitative asupra reliefului (de cote, pante, volume, suprafețe etc.); însă, nici una din metode nu îndeplinește ambele proprietăți în același timp, motiv pentru care se procedează, cel mai adesea, la combinarea pe aceeași hartă, a 2 – 3 metode.

1.8. Scrierea hărților

Constituie unul din elementele întocmirii și editării hărților geografice. În general, hărțile geografice cuprind denumirile unor detalii ale teritoriului, denumiri care, însă, nu apar pe teren, încât, oarecum, unele apar nereal pe hartă. Însă, fără denumiri, hărțile apar sărace, iar fenomenele reprezentate s-ar putea

localiza foarte greu fără ele. Totuşi, în şcoli, se folosesc şi hărţi fără denumiri, denumite *„hărţi mute”;* ele servesc la verificarea cunoştinţelor elevilor. Celelalte hărţi, în totalitate, cuprind denumirile diferitelor detalii sau unităţi geografice reprezentate. Ele sunt scrise pe hărţi cu ajutorul alfabetului utilizat oficial de statul în care se întocmeşte harta.

Datorită lipsei denumirilor în teren, unii cartografi consideră că denumirile de pe hărţi duc la denaturarea lor, însă fără ele, harta ar avea mult de pierdut: n-ar mai reprezenta un material informativ complet asupra regiunii reprezentate, descrierile de pe hărţi fără scriere ar fi extrem de dificile, iar localizările diferitelor detalii s-ar face doar utilizând coordonatele geografice sau rectangulare.

Importanţa scrierii denumirilor pe hartă este la fel de mare ca şi reprezentarea oricărui element de conţinut. O scriere reuşită, caracterizată printr-o alegere judicioasă a caracterelor, formatului şi dimensiunilor literelor, ca şi printr-o bună alegere a poziţiei literelor faţă de detalii ajută foarte mult cititorul hărţii să-şi îndrepte atenţia asupra detaliilor importante reprezentate pe hartă. Majoritatea cartografilor şi cititorii hărţilor apreciază că o scriere reuşită măreşte calitatea hărţii, estetica ei şi face mai plăcută citirea ei.

Scrierea hărţii nu este deloc o muncă uşoară; ea implică nu numai alegerea literelor potrivit locului, destinaţia şi scării hărţii, dar şi problema introducerii ei prin labirintul semnelor convenţionale desenate pe hartă. De aceea, la scrierea unei hărţi, orice cartograf trebuie să aibă în vedere caracterele, formatul şi dimensiunile literelor, lizibilitatea şi poziţia scrierii faţă de detaliile hărţii, dar şi gradul de încărcare a hărţii cu scriere.

Scrierea pe hărţi prezintă o importanţă deosebită.

Caracterul literelor sau ***„stilul scrierii”*** se referă, după *A.H.Robinson*, la felul desenului literelor. Fiecare caractere de litere cuprinde atât litere majuscule şi minuscule, cât şi diferite ac-cente, cifre, semne matematice etc. În perioada actuală se utilizează un foarte mare număr de caractere de litere. Din acest motiv, alegerea şi utilizarea caracterelor de literă, pentru o anumită hartă, în scopul distingerii diferitelor elemente ale hărţii, reprezintă o activitate creatoare a cartografului.

Formatul literelor este de două feluri: ***majuscul*** (litere mari) şi ***minuscul*** (litere mici). Însă, folosirea formatului literelor la scrierea hărţilor nu este încă o problemă bine precizată în cartografie nici până acum. După cartograful american *A.H.Robinson*, literele majuscule nu sunt atât de uşor de recunoscut şi de citit.

Dimensiunile literelor (*„corpul literelor”*) se gradează după diverşi factori: importanţa detaliului denumit, posibilităţile oferite de spaţiul liber al hărţii, totalul desenului şi conţinutul hărţii. În general, se recomandă a nu se folosi la scrierea hărţilor, litere prea mici, supraestimând posibilităţile vederii omeneşti sau subestimând efectul reducerii, care obligă cititorul hărţii la utilizarea lupei.

Lizibilitatea scrierii hărţii depinde de dimensiunea literelor, ca şi de alţi factori: caracterele de litere şi fondul pe care se plasează scrierea. În general,

caracterele de litere cu un desen simplu se citesc mai uşor decât literele cu un desen complex. Caracterul înflorat al literelor poate satisface orgoliul cartografului când acesta are talent la desen, dar mai puțin pe cititorul hărții, care recunoaşte mai uşor formele mai obişnuite, mai simple. ***Grosimea*** literelor influențează, de asemenea, lizibilitatea: *literele filiforme* (subțiri) se citesc mai greu decât cele groase; literele groase produc acoperiri mari şi fac ca scrierea să iasă pe primul plan, ceea ce nu este admis; conținutul hărții trebuie să se afle pe primul plan.

În trecut – până la inventarea tiparului de ***I.G.Gutenberg, 1445***, în Europa se foloseau caracterele de literă ale romanilor. Ulterior, ***caracterele romane*** au fost introduse pe hărți de italieni, care au introdus apoi şi ***caracterul cursiv, bloc şi batard*** *(V. Băican – 2002, 2003, Fig. 161[a])*. În **secolele XVIII – XIX,** s-au creat şi s-au utilizat foarte mult, caractere de litere cu multe înfloriturі care n-au rezistat prea mult timp, încărcând harta.

Caracterele de litere mai noi nu au subtilități de desen, pretind o execuție curată, forme de litere unghiulare, sau perfect rotunde. În această categorie de caractere de litere se încadrează: *aldin, anticva, bodoni, grotesc, bertol, vizit* ş.a., din care au rezultat combinațiile: *vizit – grotesc, bertol – cursiv, vizit-grotesc-aldin* etc. *(Robinson A.H. ş.a. - 1995; V. Băican – 2002, 2003, Fig. 161[b])*.

Încărcarea cu scriere a hărții depinde de scara, felul şi destinația hărții. O hartă se consideră încărcată cu scriere când aria totală a scrierii acoperă mai mult de 5% din suprafața totală a hărții (*Budanov A.P.- 1947; Robinson A.H. ş.a.- 1995 ş.a.)*.

Pentru scrierea manuală a hărților, în prezent, se utilizează tuş negru indigen sau de import (tuş Rotring, sau chinezesc de preferință) şi de alte culori şi utilizând diverse instrumente. Scrierea manuală permite o mare variație de forme, mărimi şi grosimi, dar cere mult timp şi talent artistic din partea executantului.

Nevoia unei scrieri mai rapide şi cea standardizării scrierii au dus la ***imaginarea scrierii mecanice***, care poate fi de 4 feluri: scriere pretipărită, cu simplografe, fotografică şi scrierea instantanee (*Băican V. 2002, 2003, pg. 199 – 214*). În ultimele decenii, a căpătat o deosebită impotanță ***scrierea instantanee*** (Letraset, Letter - Press şi în România, VITOLIT) şi scrierea cu penițe tubulare,tip Rotring.

La scrierea unei hărți, o atenție deosebită trebuie acordată şi ***problemei ortografiei denumirilor*** – un aspect foarte important şi dificil al scrierii hărților şi care s-a pus în discuție din 1967, când, la Geneva a avut loc – sub egida O.N.U., prima Conferință a Națiunilor Unite pentru standardizarea denumirilor geografice.

LUCRĂRI PRACTICE DE TOPOGRAFIE

Lucrarea practică nr. 1

1. LUNETA TOPOGRAFICĂ

1.1. Caracteristici tehnico – funcționale

Luneta topografică este dispozitivul optic comun tuturor aparatelor topografice, servind, în principal, la vizarea punctelor topografice ori a semnalelor topografice din teren și la măsurarea distanțelor pe cale indiectă (stadimetrică).

Întucât mărește diametrul aparent al obiectelor vizate, luneta permite o mai exactă precizare a direcțiilor și ca urmare asigură o precizie sporită și la măsurarea unghiurilor în teren. Datorită acestor motive, luneta reprezintă cel mai bun vizor topografic.

În topografie și geodezie, sunt utilizate lunetele de tip astronomic(construite după schema lui Galileu, care, în 1609, a construit prima lunetă pentru observații astronomice), formate în principal (*Fig. 3-a*) din trei tuburi coaxiale telescopice:

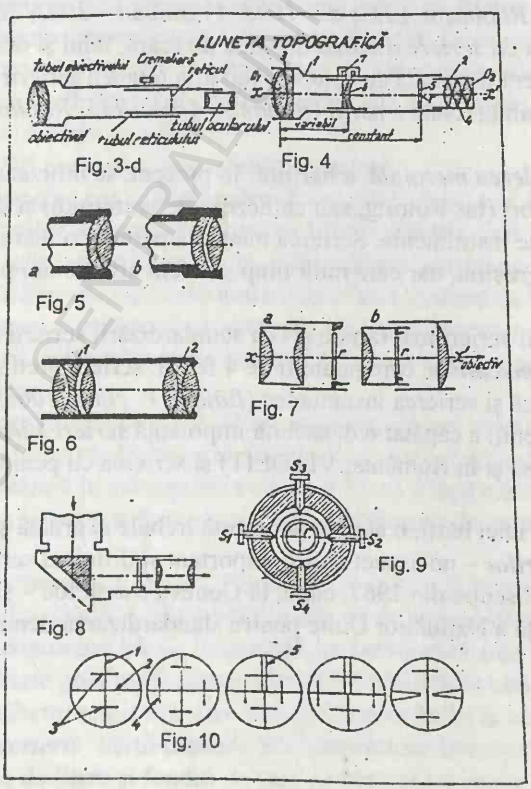


Fig.3-d–**Schema** unei lunete topogr. clasice (cu focusare ext.)

Fig.4-Lunetă cu focusare interioară sau analatică (de tip Porro): *1Tub obiectiv, 2.tub ocular, 3.Obiectiv; 4.ocular;5.reticul; 6.lentilă divergentă de focusare; 7.buton de focusare; r –centrul reticulului; O_1- centrul optic al obiectivului; 0_2-centrul optic al ocularului; xx'- axa geometrică; 0_10_2-axa optică a lunetei.*

Fig.5-**Obiectivul lunetei**:
a.cu lentile lipite, b.cu lentile dist.

Fig.6- **Teleobiectiv cu două grupuri de lentile:**
1. grup posterior (de focusare) ;
2.grup anterior (obiectiv)

Fig.7- **Ocularul lunetei** : a.ocular pozitiv; b.ocular negativ

Fig.8- **Ocularul cotit**

Fig.9- **Reticulul lunetei** : S_1,S_2,S_3S_4- şuruburi de rectificare; r-intersecţia firelor reticulare

Fig. 10- **Diverse tipuri de reticule**: 1.fir reticular vertical; 2.f.r. orizontal (nivelor); 3. fire stadimetrice oiz. ; 4.fire stadim. vertic. 5.fire duble

tubul obiectivului, tubul reticulului şi tubul ocularului.

Se cunosc două tipuri constructive de lunete: lunetă cu focusare exterioară şi lunetă cu focusare interioară.

Luneta cu focusare exterioară este luneta de tip clasic, formată din cele trei tuburi menţionate (Fig. 3-a). La această lunetă, planul imaginii este fix, iar reticulul este mobil.

Pe axa comună a celor trei tuburi sunt centrate lentilele obiectiv, lentilele ocular şi reticulul. Tubul reticular se poate deplasa în interiorul tubului obiectiv, cu ajutorul unui şurub exterior *(cremalieră)*, în scopul facerii clare a imaginii obiectului vizat. Această operaţiune este denumită ***focusarea exterioară a imaginii*** şi prin ea se deplasează planul reticulului în planul imaginii.

Astfel de lunete nu sunt etanşate perfect, permiţând pătrunderea umidităţii şi şi a prafului şi au dezavantajul că deplasarea repetată a tubului reticular în tubul obiectivului duce la descentrarea reticulului, motive pentru care nu se mai construiesc.

Luneta cu focusare interioară (Fig. 4) este tipul de lunetă cu care sunt înzestrate aparatele topografice moderne. Ea este compusă numai din două tuburi coaxiale: tubul obiectiv *(1)* şi tubul ocular *(2)*. În tubul obiectiv şi pe axa comună xx', sunt centrate reticulul *(5)* şi o lentilă de focusare interioară *(6)*, care poate

glisa în lungul axei xx', cu ajutorul unui dispozitiv acționat de un buton (7), pentru clarificarea imaginii obiectului vizat.

Pentru vizarea aproximativă (orientarea inițială a lunetei pe direcția punctului vizat), lunetele mai vechi au montat pe partea superioară un dispozitiv format dintr-o cătare și un înălțător – deci un vizor la fel ca al unei puști, iar lunetele mai noi posedă un dispozitiv optic mai simplu (12 , *în Fig, 17)* de forma unui tub cu diametrul Ø5mm și cu fire reticulare, o cruce albă, numit ***colimator.***

Obiectivul lunetei are rolul formării imaginii obiectului vizat și este alcătuit din minimum două lentile acromatice fie lipite *(Fig. 5-a)*, fie cu spațiu între ele *(Fig. 5-b),* ce formează un sistem optic convergent.

Aparatele moderne sunt înzestrate cu lunetă ***teleobiectiv***, care permite construirea de lunete mai scurte dar cu o deschidere focală mare, deci cu o putere de mărire sporită, fără a crește lungimea lor. Un teleobiectiv *(Fig.6)* este obținut prin asocierea a două grupuri de lentile: grupul de lentile anterioare (obiectiv) și grupul de lentile posterioare (de focusare), al doilea deplasându-se între obiectiv și reticul.

Ocularul lunetei mărește imaginea obiectului formată de obiectiv și este compus dintr-un sistem de minimum două lentile acromatice plan concave, ce pot fi dispuse fie cu convexitatea în față *(Fig. 7-a),* rezultând un ocular pozitiv, fie cu convexitatea spre obiectiv *(Fig. 7-b),* rezultând un ocular negativ. La construcția instrumentelor topografice se utilizează *ocularul pozitiv* (denumit și *Ramsden),* la care imaginea se formează în fața lentilelor ocular, ceea ce impune plasarea reticulului înaintea ocularului.

Pentru vize foarte înclinate - cum sunt acelea din cadrul ridicărilor miniere în subteran, se utilizează ***ocularul cotit*** *(Fig. 8),* care se fixează pe lunetă în locul ocularului obișnuit și are în plan, pe lângă ocular, o prismă cu reflexie totală.

Reticulul lunetei *(Fig. 9)* este un inel metalic acoperit de o placă de sticlă, pe care sunt gavate fin două linii foarte subțiri de un negu intens și perpendiculare între ele, denumite *fire reticulare (Fig. 10)*: firul reticular vertical și firul reticular orizontal (nivelor). Inelul metalic este fixat în tubul obiectivului cu ajutorul șuruburilor de rectificare S_1, S_2 , S_3 și S_4 *(Fig. 9).* Intersecția firelor reticulare (punctul r) trebuie să se afle pe axa geometrică a lunetei; în ncazul unei abateri, readucerea centrului reticulului (r) pe axa geometrică se realizează cu ajutorul șuruburilor de rectificare. Firele reticulare servesc la vizarea foarte exactă a punctelor topografice și reprezintă trăsăturile reticulare principale. Unele lunete topografice posedă și *fire reticulare duble (Fig. 10),* care sporesc precizia vizării.

Lunetele topografice stadimetrice mai au gravate în planul reticulului și trăsături reticulare scurte, gavate în perechi orizontale, sau o pereche orizontală și una verticală, dar simetrice față de firul reticular respectiv și denumite fire stadimetrice *(Fig. 10);* ele servesc la măsurarea stadimetică a distanțelor în teren.

Axele lunetei sunt în număr de trei *(Fig. 11)* și ele trebuie să coincidă;

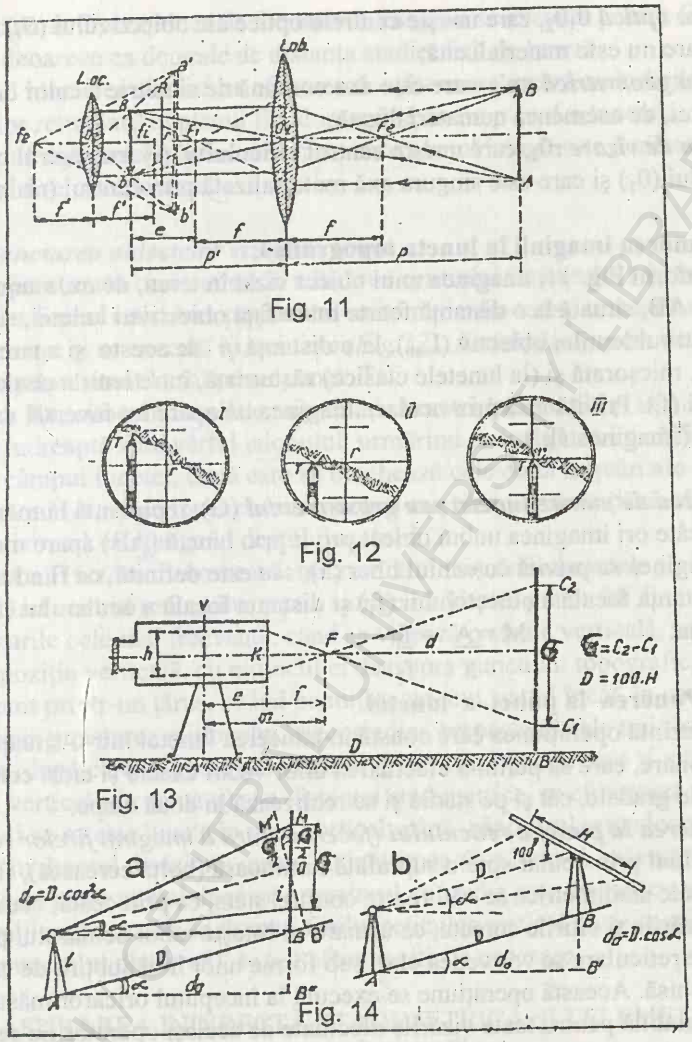


Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

Fig.11 – **Formarea imaginii în luneta topografică:**
L_{ob} – lentila obiectiv; L_{oc}- lentila ocular; F_e- focarul exterior şi F_i- focarul interior al obiectivului; f_e şi f_i – focarele ocularului; AB – stadie verticală

Fig. 12 – Punctarea obiectelor vizate

Fig. 13 – Măsurarea stadimetrică a distanţelor pe teren orizontal

(a) (b)

$d_o = D \cdot \cos^2 \alpha$ $d_o = \cos \alpha$

Fig.14 – Măsurarea stadimetrică a distanţelor: a) pe teren înclinat şi b) măsurarea paralactică a distanţelor.

- ***axa optică*** $0_1 0_2$, care uneşte centrele optice ale obiectivului (0_1) şi ocular (0_2) şi care nu este materializată;

- ***axa geometrică*** xx′, care este axa comună de simetrie a celor două tuburi ale lunetei, de asemenea nematerializată;

- ***axa de vizare*** $r0_1$, care uneşte centrul reticulului (r) cu centrul optic al obiectivului (0_1) şi care este singura axă materializată prin centrul (r)al reticulului.

Formarea imaginii în luneta topografică.

Conform Fig. 11, imaginea unui obiect vizat în teren, de ex. a unei stadii verticale AB, situată la o distanţă foarte mare faţă obiectivul lunetei, se formează cu ajutorul lentilei obiectiv (L_{ob}), la o distanţă *p′* de acesta şi apare în forma *ab,* reală, micşorată şi (la lunetele clasice) răsturnată, între lentila ocular, (L_{dr}) şi focarul ei (f_i). Privită însă prin ocular, imaginea *ab* apare tot inversă, dar virtuală şi mărită (imaginea áb′).

Puterea de mărire lunetei sau grosismentul (G), reprezintă numărul ce arată de câte ori imaginea unbui obiect privit prin lunetă (AB) apare mai mare decât imaginea sa privită cu ochiul liber (a), sau este definită ca fiind raportul dintre distanţa focală a obiectivului (f_1) şi distanţa focală a ocularului (f_2), deci prin relaţia:

$$M = \frac{A}{a} = \frac{f_1}{f_2}$$

1.2. **Punerea la punct a lunetei**

Reprezintă operaţiunea care constă în aducerea lunetei într-o situaţie optimă de funcţionare, care să permită efectuarea unor vizări exacte şi citiri corecte, atât la cercurile gradate, cât şi pe stadie şi se realizează în două etape:

*a)**Punerea la punct a reticulului** (facerea clară a imaginii firelor reticulare)*

Privind iniţial prin ocular spre o suprafaţă luminoasă (bolta cerească), firele reticulare şi cele stadimetrice se văd foarte confuz, şters, ca prin ceaţă, ceea ce împiedică vizările şi citirile corecte, ca urmare se roteşte tubul ocularului până când firele reticulare se vor vedea clar, sub forma unor linii subţiri, de culoare neagră închisă. Această operaţiune se execută la începutul oricăror măsurători şi rămâne valabilă pentru toate vizările efectuate de acelaşi operator.Ea se simplifi că mult când ocularul are gradaţii în dioptrii.

b) ***Punerea la punct a imaginii obiectului vizat*** *(focusarea imaginii).*

După ce luneta a fost orientată pe direcţia stadiei (sau a altui obiect vizat), cu ajutorul dispozitivului exterior de vizare aproximativă (înălţător + cătare la lunete clasice, vechi sau colimator – la lunetele moderne), imaginea stadiei se vede iniţial în lunetă foarte confuz sau nu se vede deloc. Ca urmare, se va acţiona butonul sau cremaliera (la aparatele clasice – Fig, 4, sau manşonul de focusare (la aparatele moderne – Fig. 21), până când imaginea stadiei se va vedea foarte clar. Imaginea va fi clară când planul imaginii se va suprapune cu cel al

firelor reticulare. Operațiunea de focusare a imaginii se execută pentru fiecare viză nouă, deoarece ea depinde de distanța stadiei față de lunetă.

În cazul lunetelor clasice, se efectuează o ***focusare exterioară***, deplasând planul firelor reticulare în planul fix al imaginii, în timp ce La lunetele moderne, se execută o ***focusare interioară***, prin care planul imagine se deplasează în planul fix al firelor reticulare.

1.3. ***Punctarea obiectelor vizate în teren***

Este operațiunea care constă în aducerea centrului reticulului (r), respectiv a intersecției firelor reticulare pe punctul matematic din teren, urmează operațiunii anterioare și se execută în trei faze *(Fig.12)*. Astfel, dacă avem de vizat vârful unui jalon situat la sol pe un punct T:

- În **faza I-a**, eliberând ambele mișcări ale lunetei (azimutală și verticală), aceasta se îndreaptă spre vârful jalonului, urmărind ca imaginea lui să fie prinsă undeva în câmpul lunetei, după care se blochează cele două mișcări ale lunetei;
- În **faza a II-a**, se acționează micrometrul mișcării verticale până când firul reticular orizontal va ajunge în deptul punctului;
- În **faza a III-a**, se manevrează micrometrul mișcării azimutale (orizontale), până când centrul reticulului (r) va ajunge în dreptul punctului T.

În cazurile cele mai frecvente, când se vizează o stadie verticală, aceasta se așează în poziție verticală, cu mijlocul ei deasupra punctului topografic, materializat obișnuit printr-un țăruș, având pe mijloc un cui, astfel încât, în continuare, se efectuează punctarea mijlocului bazei stadiei, respectând cele trei faze descrise anterior, după care se poate citi unghiul orizontal. Dacă se cere și măsurarea unghiului vertical (de pantă α) și a distanței stadimetrice, se eliberează mișcarea verticală și se rotește luneta în plan vertical, până când firul reticular orizontal va ajunge în dreptul diviziunii egale cu înălțimea *(i)* a lunetei, măsurată anterior în punctul de stație numai după ce operatorul cu stadia este dirijat (cu mâna) să mențină mijlocul acesteia în dreptul firului reticular vertical (care se află pe verticala punctului din teren), se pot efectua citirile necesare.

2. MĂSURAREA INDIRECTĂ STADIMETRICĂ ȘI TELEMETRICĂ A DISTANȚELOR ÎN TEREN

2.1. Generalități

Măsurarea distanțelor reprezintă una din operațiile de bază în topografie, mai ales pentru întocmirea planurilor și hărților topografice și se efectuează pe două căi: direct și indirect.

Măsurarea directă a distanțelor în teren constă în parcurgerea acestora cu un etalon de măsură dintre care amintim: ***lanțul cu zale*** (lanțul de arpentaj), ***ruleta*** (din pânză sau din oțel), ***rigla*** din metal sau lemn (cu lungimi de 2 - 5m), ***compasul*** (capra sau stânjenul), ***pedometrul*** (= podometrul), ***panglica de oțel*** (cu lungimi de 10, 20, 50 până la 100m), ***firul de oțel*** (în România, firul Ciuri-

leanu, cu lungimea de 100m), ***firul de invar*** (cu lungimi de 24 sau 48m) – ultimele două etaloane asigurând cea mai mare precizie. Toleranțele admise la măsurarea directă a distanțelor sunt acelea prevăzute în *Tabelul nr. 1 –a:*

TABELUL Nr. 1-a _ Toleranțe admise la măsurarea directă a distanțelor:

Dist.	Teren cu panta până la 5^g		Teren cu panta între 5^g și 10^g		Teren cu panta între 10^g și 15^g		Teren cu panta peste 15^g	
m	intravilan/extravil.		intravil./extravil.		intrav./ extrav.		Intrav. / extravil.	
50	0,021	0,035	0,025	0,047	0,032	0.060	0,042	0,070
100	0,030	0,053	0,036	0,072	0,045	0,090	0,060	0,106
150	0,037	0,069	0,044	0,093	0,056	0,117	0,074	0,138
200	0,042	0,083	0,050	0,112	0,063	0,141	0,084	0,166
250	0,047	0,096	0,056	0,130	0,071	0,163	0,094	0,192
300	0,052	0,100	0,062	0,135	0,078	0,185	0,104	0,218

Măsurarea indirectă a distanțelor în teren se efectuează pe cale optică, este mai rapidă, nu mai necesită parcugrea distanțelor cu etaloane și asigură o precizie satisfăcătoare pentru necesitățile topografiei.

În perioada actuală, sunt utilizate *patru metode de bază* pentru măsurarea in-directă a distanțelor în teren: ***metoda stadimetrică, telemetrică, paralactică*** și ***a undelor*** (care poate fi de două feluri*: electromagnetică* - folosind aparate purtătoare de microunde, radar, numite și radiotelemetre și metoda *electrooptică* - folosind aparate purtătoare de lumină, denumite telurometre electrooptice). În continuare, vom descrie primele două metode.

Distanțele măsurate în teren se reduc la orizont, în vederea raportării lor pe planuri și hărți topografice.

2.2. ***Măsurarea stadimetrică a distanțelor în teren***

Pentru a măsura o distanță AB, pe un teren neted, se pune în A un aparat cu lunetă stadimetrică, iar în B se ține o stadie verticală.

2.2.1. *Instrumente și aparate necesare*

a) Luneta stadimetrică este orice lunetă de vaparsat topografic, care posedă, în planul reticulului,pe lângă firele reticulare și fire stadimetrice*(Fig.10)* orizontale sau verticale; firele stadimetrice orizontale servesc la măsurarea stadimetrică cu stadii verticale, iar pentru măsurarea distanțelor cu fire stadimetrice verticale, se utilizează stadiile orizontale. Există lunete stadimetrice simple, neanalatice (de tip vechi) și lunete analatice (tip Porro).

b) Stadiile (sau mire) **topografice** sunt instrumente accesorii aparatelor topografice care servesc la măsurarea directă a distanțelor verticale și mai ales la măsurarea indirectă a distanțelor înclinate ca și în măsurători de nivelment. Du-

pă modul de aşezare în teren, stadiile sunt de două feluri: *verticale* (cele mai folosite) şi *orizontale.*

Stadiile verticale sunt de mai multe tipuri: obişnuite, telescopice, suspendate (miniere), bilaterale, panou, de invar ş.a.

Stadiile obişnuite au aspectul unor rigle mari, sunt confecţionate din lemn de brad uscat şi fiert în ulei de in sau vopsit şi având dimensiuni diferite *(Fig. 15)*: unele sunt stadii scurte, dintr-o singură piesă cu dimensiunile de 200 x 10 x 3 cm sau 150 x 10 x 3 cm, iar altele sunt stadii lungi, pliante, confecţionate din două piese identice ca dimensiuni, având o lungime totală de 3 sau 4m; aceste stadii lungi se pliază şi sunt prevăzute cu un mâner pentru a fi transportate mai comod *(Fig. 16 – a,b).*

Aceste stadii au o faţă gradată în centimetri pe un fond alb; la cele mai simple, centimetrii sunt grupaţi câte 5 sub forma braţelor şi interbraţelor literei E *(Fig. 16-g)* şi câte 10 de o parte şi de alta a mijlocului stadiei, sau în diverse alte combinaţii *(Fig.15);* pe stadie, sunt marcaţi şi numerotaţi decimetrii, iar un metru este vopsit în negru, alternând cu un unul în roşu, pentru a fi distinşi de la distanţe mari; gradaţiile sunt foarte riguroase şi pot avea forme diferite ca: dreptunghi, triunghi, linii etc.

Valorile decimetrilor sunt notate cu cifre în poziţie normală - pentru lunetele ce arată imaginea mormală, sau în poziţie inversă - pentru lunetele ce arată imaginea răsturnată, dar toate aceste stadii se ţin în poziţie verticală, cu mijlocul bazei pe punctul topografic şi cu diviziunea zero la sol .

Stadiile telescopice *(Fig. 16-g (4)* se deosebesc de cele obişnuite doar prin faptul că sunt confecţionate din 4 - 5 părţi ce culisează una în alta.

Stadiile suspendate sunt acelea utilizate în ridicările din subteran; ele sunt construite din sticlă sau un material transparent, sunt luminate din spate în timpul lucrului şi se atârnă de tavanul galeriilor printr-un sistem special.

Mirele bilaterale au ambele feţe divizate.

Stadiile de invar *(Fig. 16 –d,e, f)* sunt confecţionate tot din lemn, au secţiunea transversală în foma literei T, iar pe mijlocul feţei utile, este prinsă longitudinal o bandă de invar,pe care există două scări divizate din 5 în 5mm, marcate pe do-uă rânduri cu origini diferite şi având între ele un decalaj cunoscut cu exactitate, fiind uilizate la măsurători de mare precizie.

Tipuri de stadii (mire)

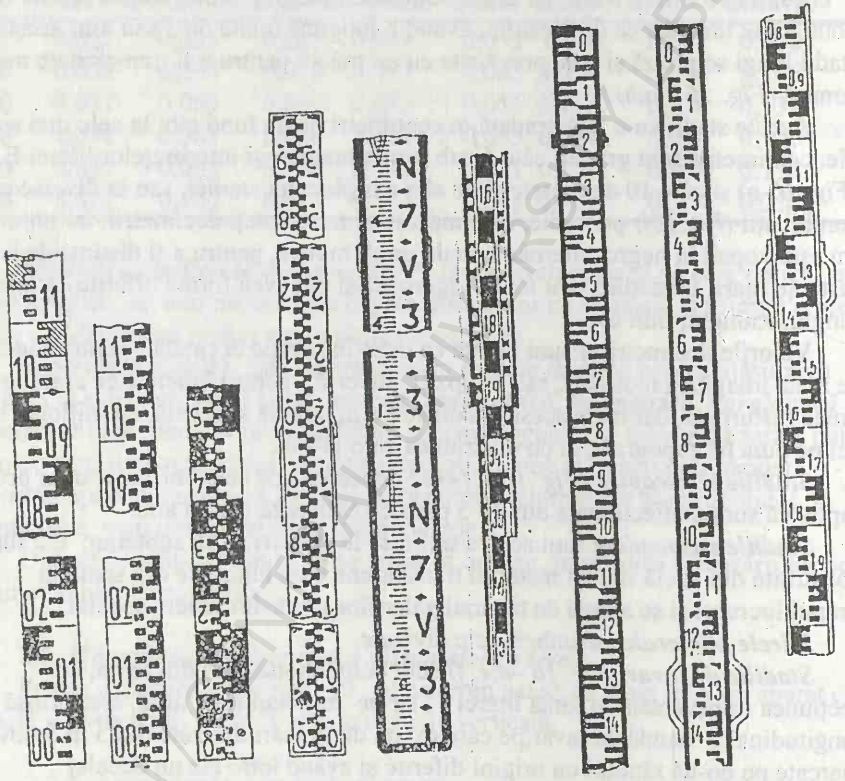


Fig. 15

Fig. 15 . Stadii obişnuite diverse

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

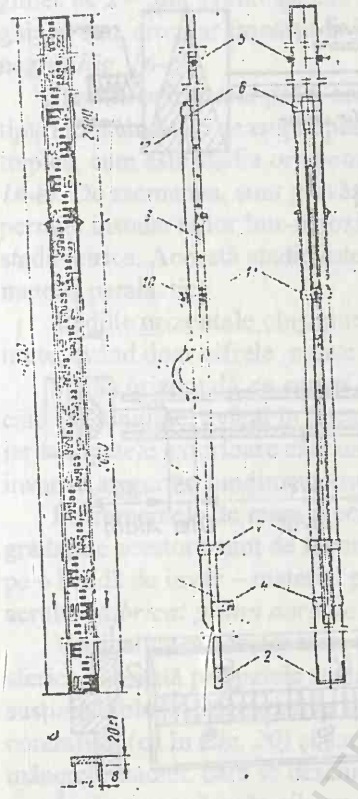


Fig. 16-a

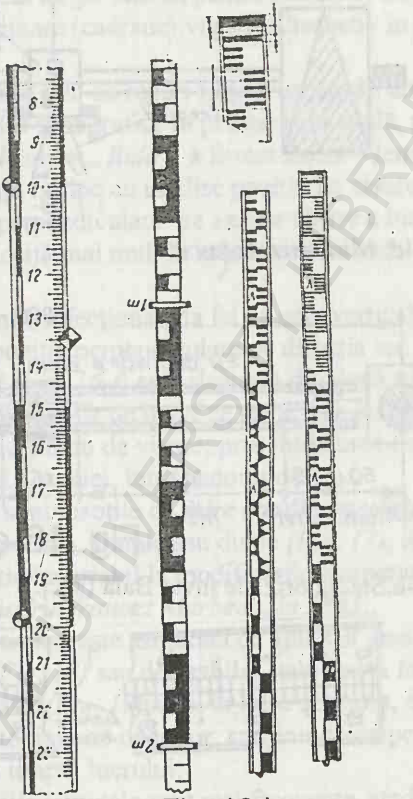


Fig. 16-b

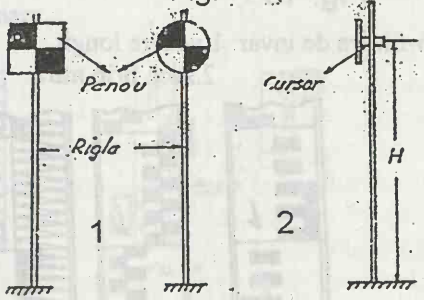


Fig. 16-c

Fig. 16-a Mira topogr.obişnuită b. Mira tahimetrică
c.Mire panou

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

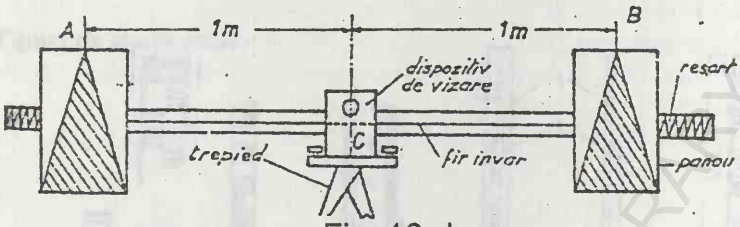


Fig. 16-d

Fig. 16-d. Mira oriz.de invar

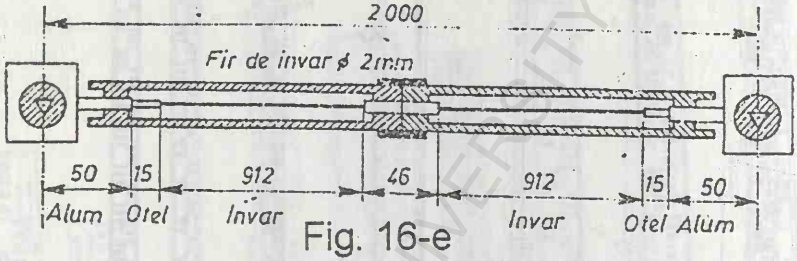


Fig. 16-e

Fig. 16-e.Stadia oriz. de invar Bala (secț.)

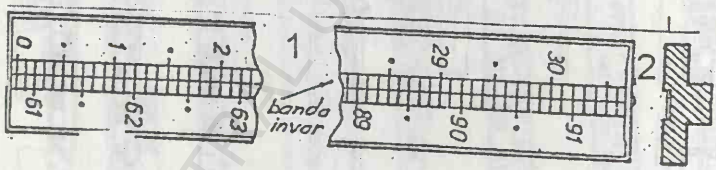


Fig. 16-f

Fig. 16-f.Mira de invar: 1.vedere longit.;
2.secț. prin miră

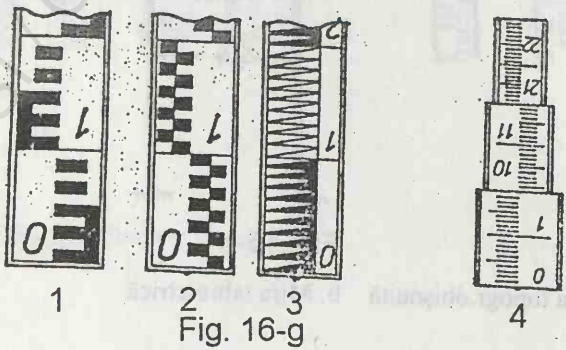


Fig. 16-g

Fig 16-g Mire obișnuite 1,2,3
Mira telescopică 4

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Mirele panou (Fig.16-c) sunt confecţionate dintr-o riglă de lemn, cu lungimea de 2 – 3m, având spatele divizat iar pe faţă un panou culisabil, dreptunghiular sau circular împărţit în 7 sectoare (cadrane) vopsite alternativ în roşu şi negru *(Fig. 16-c)*.

Stadiile orizontale pot fi obişnuite sau cu reperi ficşi (Fig. 16-d), ambele tipuri montându-se deasupra punctelor topografice în poziţie orizontală, pe un trepied, cum este stadia *orizontală de invar „Bala"*, a firmei Zeiss – Jena *(Fig. 16-e)*. De asemenea, sunt prevăzute la mijloc cu un disc pozitiv de vizare, ce permite instalarea lor într-o poziţie perpendiculară pe axa de vizare a lunetei stadimetrice. Această stadie este folosită mai mult la măsurarea distanţelor prin metoda paralactică.

Stadiile orizontale obişnuite sunt confecţionate la fel ca cele verticale obişnuite, având doar cifrele notate în poziţie perpendiculare pe direcţia lor.

Stadia orizontală ***cu reperi ficşi*** *(Fig. 16-f)* este alcătuită din două tuburi a câte 1m lungime, având în fiecare câte un fir de invar ce se întinde cu un resort, iar la capetele exterioare câte un mic panou de vizare; prin întinderea firelor de invar se asigură o lungime constantă a stadiei, între panouri de 2m.

Instrumentele de mare precizie sunt însoţite de ***mire (stadii) speciale,*** iar gradaţiile acestora sunt de factură specială, simple sau duble *(Fig. 17)*, aplicate pe o bandă de invar – material practic invariabil la modificările temperaturii aerului (*fabricat prima oară de inginerul francez Marbeau, în 1883).*

Verticalitatea acestor mire (verticale) este asigurată cu ajutorul unei nivele sferice, montată pe spatele stadiei *(Fig. 18)* sau detaşabile; stabilitatea lor este susţinută folosind dispozitive speciale *(Fig. 19)*, sau, în lipsa acestora, cu simple contrafise, (ca în *Fig. 20)* şi care este ţinut de operator, sprijinindu-se pe mânerele stadiei, care se deschid în timpul lucrului.

În timp ce măsurătorile cu stadiile verticale sunt mai frecvente, stadiile orizontale asigură o precizie mai mare.

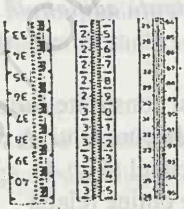


Fig. 17

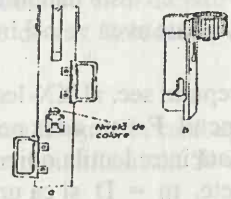


Fig. 18

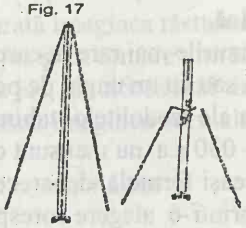


Fig. 19

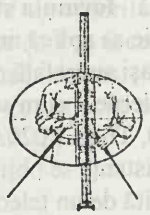


Fig. 20

Fig.17 – Mire de nivelment

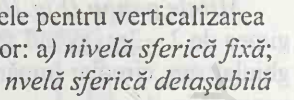


Fig.18 – Nivele pentru verticalizarea mirelor: a) *nivelă sferică fixă*; b) *nvelă sferică detaşabilă*

Fig.19 – Dispozitive pentru ţinerea verticală a mirei

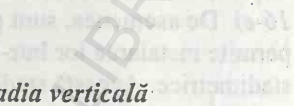


Fig.20 – Ţinerea mirei în poziţie verticală cu contrafişe simple.

2.2.2. ***Măsurarea stadimetrică a distanţelor cu stadia verticală***

a) Măsurarea distanţelor pe un teren orizontal.

Principiul măsurării stadimetrice a unei distanţe AB *(Fig. 13)* constă în plasarea în punctul A a unui aparat cu lunetă stadimetrică (teodolit, tahimetru sau nivelmetru) , iar în punctul B a unei stadii verticale şi citirea pe aceasta a numărului generator (G), care reprezintă numărul de milimetrii citiţi pe stadie între firele stadimetrice orizontale. În cazul unei lunete simple, din desen *(Fig. 13)* rezultă că, din cele două triunghiuri isoscele, cu vârful comun F (focarul obiectivului lunetei), se poate scrie:

$\frac{K}{G} = \frac{f}{d}$, de unde $d = \frac{f}{K} \cdot G$

Prin construcţie, raportul $\frac{f}{K} = 100$ şi este denumit ***coeficient stadimetric***.Ca urmare: $d = 100 \cdot G$

Atunci când G se exprimă în centimetri, el indică numărul de metri dintre focarul F şi stadie, de unde şi denumirea de număr generator.

Dar distanţa $AB = D = d + (f + e)$

iar $D = d + m$, în care: e = distanţa de la verticala punctului A, iar $m = f + e$ este denumită ***constantă adiţională.***

Mărimea ***(m)*** poate avea valori între 20 – 50 cm şi este specificată în prospectul lunetei.

Încă de la începutul sec. al XX-lea, au fost construite ***lunete analatice*** (tip Porro), la care punctul F este adus pe verticala punctului A cu o lentilă analatică (analizor), plasată între lentila obiectiv şi reticul *(Fig. 4)*.

La aceste lunete, m = D şi ca urmare se obţine relaţia $\underline{D = 100 \cdot G,}$ care este denumită **formula stadimetrică.**

Această relaţie se aplică numai în cazurile mai rare în care punctele A şi B se găsesc pe aceeaşi suprafaţă orizontală sau cu un unghi de pantă $\alpha < 2^{\circ}$.

Lunetele moderne – cum sunt acelea ale teodolitelor tahimetre Wild T_1, Zeiss Theo – O20, Theo – 020A, Theo – 030 ş.a. nu mai sunt dotate cu lentilă analizor, totuşi, distanţa se obţine cu aceeaşi formulă, deoarece funcţia acestei lentile este suplinită de un teleobiectiv, printr-o alegere corespunzătoare a elementelor sale constructive.

b) Măsurarea distanțelor pe terenuri înclinate

În cazul suprafețelor înclinate, cu o pantă mai mare de 2° (Fig. 14), distanțele se determină cu ***formula fundamentală a stadimetriei:***

$$d = D \cdot \cos^2 \alpha,$$ în care:

d = distanța redusă la orizont

D = distanța măsurată stadimetric pe teren înclinat

α = unghiul de înclinare (de pantă) a terenului.

Rezultă că, în vederea raportării lor pe planuri sau hărți topografice, distanțele măsurate pe cale stadimetrică, pe terenuri cu o pantă mai mare de 2°, trebuie reduse la orizont. Pentru aceasta, trebuie măsurată și valoarea unghiului de pantă (α).

În vederea determinării unghiului de pantă, în teren, în punctul A *(Fig. 14-a)* se pune în stație un aparat care, pe lângă lunetă stadimetrică, posedă și cerc gradat vertical (teodolit sau teodolit- tahimetru); se aduce luneta în poziție orizontală și cu o stadie se măsoară înălțimea (i) la care se află axa lunetei de ex. i = 1450 mm, iar în punctul B se ține o stadie verticală și se vizează stadia la mijlocul capătului de jos, se blochează mișcarea azimutală a lunetei, după care se rotește luneta în plan vertical până când firul reticular orizontal ajunge în dreptul diviziunii 1450 mm, deci la înălțimea lunetei se blochează mișcarea verticală a lunetei, după care se pot efectua citirea unghiului de pantă și citirile pe stadie în dreptul firelor stadimetrice orizontale, pentru determinarea numărului generator G și apoi a distanței stadimetrice (D_s).

2.2.3. ***Determimnarea numărului generator (G) pe stadia verticală***

Stadia verticală se ține cu diviziunea zero jos, la sol. Pentru a putea fi ținută în poziție verticală, aceste stadii posedă, pe partea din spate, o nivelă sferică *(Fig.18).*

Numărul generator (G) reprezintă diferența dintre cele două citiri pe stadie *(Fig.21)* în dreptul firelor stadimetrice orizontale: c_1 în dreptul firului stadimetric de jos și c_2 în dreptul firului stadimetric de sus. Totdeauna, c_2 este mai mare decât c_1 și deci

$$G = c_2 - c_1$$

întrucât o citire pe stadie reprezintă înălțimea în mm , la care se vede firul stadimetric orizontal față de diviziunea zero a stadiei, aflată sol. Se ivesc însă două situații:

- când luneta arată imaginea răsturnată *(Fig. 21-a),* valorile pe stadie se văd crescând de sus în jos și ca urmare citirea mai mare (c_2) va fi cea din dreptul firului stadimetric de jos, iar citirea mai mică (c_1) aceea de sus;
- dacă luneta arată imaginea normală *(Fig. 21-b)*, valorile pe stadie se văd

(a)	(b)
$c_1 = 1144$	$c_2 = 982$
$c_o = 1200$	$c_o = 900$

$c_2 = 1258$ $c_1 = 813$

$G = c_2 - c_1 = 112mm$; $D = 11,2m$ ←**D = 100 . G**→ $G = c_2 - c_1 = 164mm$;

$G = 2(c_o - c_1) = 112mm$; $D = 11,2m$ $D = 16,4m$

$G = 2(c_o - c_1) = 164mm$

și deci $D = 16,4m$

Fig, 21 – **Citirea distanțelor pe stadia verticală**

a. lunetă cu imaginea răsturnată; b. lunetă cu imaginea normală

1.Suport de bază; 2.șurub de calare; 3. micrometrul mișc.azim.;4.șurubul mișc.vertic.; 5.microm.mișc.vertic.; 6.nivela eclimetrului; 7.ocularul lunetei (frânt); 8.manșon de focusare; 9. microscopul cu scăriță; 10. rigla (tija gradată)= baza; 11.cursor cu prismă; 12.lupă; 13. trepied

Fig. 22 – Tahimetrul - telemetru B.R.T. -006 (Zeiss)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

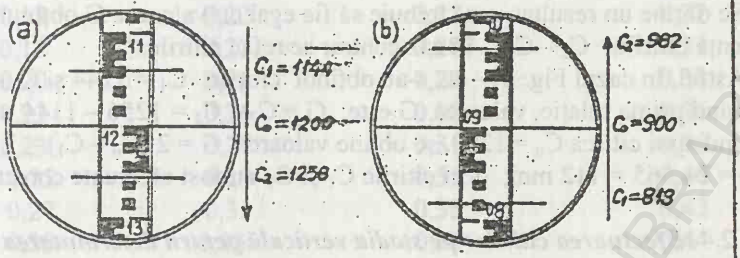


Fig. 21

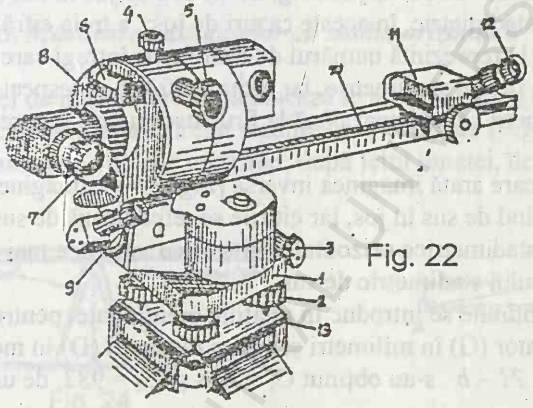


Fig. 22

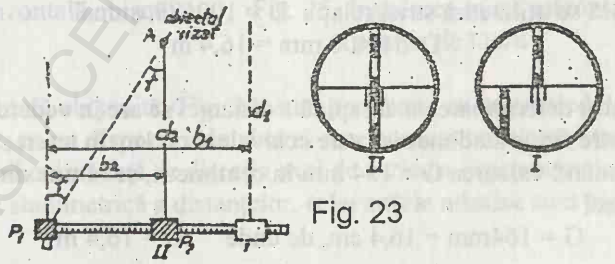


Fig. 23

Fig. 23 – Schema măsurării distanţelor cu tahimetrul telemetru B.R.T.- 006

crescând de jos în sus, încât ordinea citirilor după mărimea lor va fi cea normală: citirea mai mică (C_1) jos şi citirea mai mare (C_2) sus.

Pentru verificarea rezultatelor se obişnuieşte a se efectua şi o a treia citire (C_o) în dreptul firului reticular orizontal, utilizându-se apoi relaţia:

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$G = 2(C_o - C_1)$

Se obține un rezultat, care trebuie să fie egal cu valoarea G obținută prin diferența citirilor $C_2 - C_1$; în caz contrar se refac citirile.

Astfel, în cazul Fig. 21 – a, s-au obținut citirile: $C_1 = 1144$ și $C_2 = 1256$. Utilizând prima relație, valoarea G este: $G = C_2 - C_1 = 1256 - 1144 = 112$mm; folosind apoi citirea $C_o = 1200$, se obține valoarea $G = 2 (C_o - C_1) = 2$ (1200-1144 = 2 . 565 = 112 mm; deci citirile C_1 și C_2 au fost efectuate corect.

2.2.4. *Efectuarea citirilor pe stadia verticală pentru determinarea distanței*

Orice simplă citire (C) pe stadie se compune mai frecvent din patru și mai rar din trei cifre; de ex. $C_2 = 1256$ *(Fig. 21-a)* sau $C_1 = 818$ *(Fig. 21-b);* primele două cifre (12) sau respectiv prima cifră (8) reprezintă numărul de decimetri întregi ce se citesc pe stadie de sus în jos *(Fig. 21-a)* sau de jos în sus *(Fig. 21-b)* până în dreptul firului stadimetric, în aceste cazuri de jos; a treia cifră (5) sau respectiv a doua cifră (1) reprezintă numărul de centimetri întregi care se mai por citi până în dreptul firului stadimetric, iar ultima cifră (6 și respectiv 8)reprezintă numărul de milimetri ce mai apar până la firul stadimetric și care se estimează din ochi.

În cazul lunetelor care arată imaginea inversă *(Fig. 21-a),* imaginea stadiei apare cu valorile crescând de sus în jos, iar citirile se efectuează de sus în jos, până în dreptul firelor stadimetrice orizontale, citirea cu valoarea mai mare (C_2) va fi cea din dreptul firului stadimetric de sus.

Valorile citirilor obținute se introduc în relațiile menționate pentru determinarea numărului generator (G) în milimetri și apoi a distanței (D) în metri.

Exemplu: în *Fig. 21 – b* s-au obținut $C_1 = 818$ și $C_2 = 982$, de unde $G = C_2 - C_1 = 164$ mm.

Dacă se utilizează strict relația $D = 100 . G$, atunci

D=16.400 mm = 16,4 m

Pentru determinarea mai rapidă a distanței se are în vedere că 1 cm citit pe stadie între firele stadimetrice este echivalent cu 1m în teren ; ca urmare, transformând valoarea G = 164 mm în centimetri, se obține direct distanța în metri, deci

G = 164mm = 16,4 cm, de unde D = 16,4 m

La măsurarea stadimetrică a distanțelor cu stadia verticală sunt admise toleranțele prevăzute în tabelul nr. 2.

Tabelul nr. 2 - Toleranțe admise la măsurarrea distanțelor cu stadia verticală

Dist.	Unghiuri verticale			
(m)	$5^g - 10^g$	$10^g - 20^g$	$20^g - 30^g$	$30^g - 40^g$

50	0,17	0,22	0,27	0,32
60	0,18	0,23	0,28	0,33
70	0,20	0,25	0,29	0,34
80	0,22	0,26	0,30	0,36
90	0,23	0,27	0,31	0,38
100	0,25	0,29	0,33	0,40
110	0,27	0,31	0,35	0,42
120	0,28	0,33	0,38	0,44
130	0,30	0,35	0,39	0,46
140	0,32	0,37	0,42	0,48
150	0,35	0,40	0,45	0.50

2.2.5. *Măsurarea distanțelor cu stadia orizontală*

Astfel de măsurători se efectuează în același fel, cu deosebirea că citirile trebuie făcute în dreptul firelor stadimetrice verticale *(Fig. 10)*. Imaginea stadiei apare în lunetă cu valorile crescând, după felul lunetei, de la stânga la dreapta sau invers.

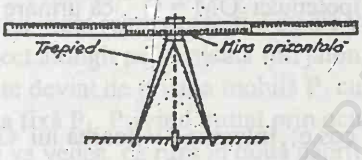


Fig. 24

Fig.24 – Miră orizontală obișnuită

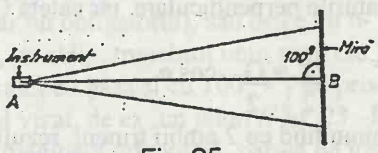


Fig. 25

Fig. 25- Instalarea mirei orizontale în poziția de lucru

Stadia oroizontală obișnuită *(Fig. 24)* sunt prevăzute cu un trepied de susținere, iar pe mijloc, cu un dispozitiv de vizare, care permite instalarea stadiei într-o poziție perpendiculară față de direcția axei de vizare a instrumentului (Fig. 25). La măsurarea stadimetrică a distanțelor, **toleranțele admise** sunt acelea din Tabelul nr. 2-a.

Tabelul nr. 2-a - Toleranțe admise la măsurarea distanțelor cu stadia

Dist. în (m)	Toleranțe exprimate în metri — Panta terenului			
	5 - 10g	10 - 20g	20 - 30g	30 - 40g
1	2	3	4	5
50	0,17	0,22	0,27	0,32
60	0,18	0,23	0,28	0,33

70	0,20	0,25	0,29	0,34
80	0,22	0,26	0,30	0,36
90	0,23	0,27	0,31	0,38
100	0,25	0,29	0,33	0,40
110	0,27	0,31	0,35	0,42
120	0,28	0,33	0,38	0,44
130	0,30	0,35	0,39	0,46
140	0,32	0,37	0,42	0,48
150	0,35	0,40	0,45	0,50

2.2.6. ***Reducerea distanțelor la orizont***

În cazul distanțelor măsurate cu stadia verticală, pe terenuri înclinate *(Fig. 14-a),* trebuie reduse la orizont. Ideal ar fi ca stadia să fie ținută înclinată, perpendiculară pe axa de viză (poziția B'M'), obținând numărul generator G' și deci **D' = G' . 100**; în acest caz, distanța redusă la orizont s-ar obține cu relația **d = D . cos α,** ca în cazul măsurării directe, de exemplu cu panglica de oțel.

Însă, deoarece stadia este ținută verticală (poziția BM), deci înclinată pe axa de vizare, obținând numărul generator G, care este mai mare decât cel corespunzător distanței D și deci rezultă **D = G . 100.**

În triunghiul dreptunghic OM'M se observă că unghiul MOM' = α, având laturile perpendiculare, iar cateta OM = $\frac{G'}{2}$ și ipotenuza OM = $\frac{G}{2}$, ca urmare

$$\frac{G'}{2} = \frac{G}{2} \cdot \cos \alpha ;$$

înmulțind cu 2 ambii trmeni, rezultă G' = G . cos α; înlocuind valoarea lui G' în relația D = G' . 100, rezultă D = 100 G . cos α;

Înlocuind această valoarea în relația d = D . cos α, se obține relația **D = 100 . G . $\cos^2 \alpha$,** sau care reprezintă **d = D . $\cos^2 \alpha$** ,care reprezintă **formula fundamentală a stadimetriei** și care este valabilă pentru lunetele analatice.

Valoarea $\cos^2$ se extrage din tabelele troigonometrice special întocmite pentru topografie.

Distanțele măsurate cu stadia orizontală *(Fig. 14-b)* se reduc la orizont cu relația **d = D . sin α,**
ca în cazul măsurării distanțelor pe cale directă, întrucât această stadie este ținută totdeauna perpendiculară pe axa de vizare, indiferent de înclinarea terenului.

Măsurarea în teren a distanței dintre două puncte A și B și a unghiului de pantă (α), iar apoi calcularea distanței reduse la orizont, permite și determinarea diferenței de nivel dintre aceleași puncte.

Calcularea distanței reduse la orizont și a diferenței de nivel se poate efectua în mai multe moduri cu ajutorul unor rigle de calcul, cu nomograme sau cu **tabele speciale.** Astfel de **tabele** pot fi **trigonometrice** - care dau valorile liniilor trigonometrice și produsele **$\cos^2 \alpha$** și **sin . cos α** (cum sunt **tabelele lui D.Ciu-**

rileanu , 1950, sau acelea ale lui ***M.M.Giurescu - 1975***), sau tahimetrice, de coordonate topometrice, care dau direct distanţa redusă la orizont şi diferenţa de nivel în fincţie de unghiul de pantă şi distanţa măsurată (cum sunt acelea imaginate de *D. Ciurileanu, Gh. Agapie, G. Sanfelici ş.a.).*

2.3. ***Măsurarea telemetrică a distanţelor***

Măsurarea telemetrică a distanţelor este (*Fig. 22 - BRT- 006, Zeiss*) este una din metodele de măsurare sa distanţelor în teren şi utilizează ca instrument de bază un telemetru care poate fi de două feluri: telemetrul cu bază fixă – utilizat mai ales în armată/marina militară şi ***telemetrul cu bază variabilă***, utilizat în topografie. Aşa este ***telemetrul - tahimetru autoreductor BRT - 006*** , Zeiss – Jena *(Fig. 22).*

În esenţă, se compune dintr-un teodolit - tahimetru, ce prezintă unele modificări adecvate scopului contruirii sale: o lunetă cu un ocular cotit (7), având un manşon de focusare interioară (8) a imaginii obiectului vizat, iar în faţa obiectivului, un dispozitiv optic autoreductor şi o prismă pentagonală (P_1); în faţa acesteia din urmă, se află o tijă – riglă gradată (10), pe care se mişcă (culisează) un cursor (11), ce are în interior o prismă pentagonală (P_2), iar în exterior o lupă (12) pentru citirea diviziunilor riglei, ce constituie baza variabilă a aparatului, care se instalează pe un trepied.

Principiul de măsurare a distanţelor *(Fig. 23)*: fascicolul luminos de la obiectul vizat (care poate fi o stadie verticală - dar nu obligatoriu), sau orice alt obiect alungit pe verticală (un jalon, un baston, un stâlp, trunchiul unui pom etc.) este deviat de prisma mobilă P_2 cu 100^g şi paralel cu baza şi cu $100^g + \gamma$ de prisma fixă P_1. Privind iniţial prin ocular, obiectul vizat, de ex. un jalon *(Fig. 23* –I) se va vedea ca rupt în două păprţi de o linie imaginară orizontală, partea de jos deplasată spre stânga, iar partea de sus fiind situată la mijlocul ocularului, pe firul reticular vertical; ca urmare, cu mâna dreaptă, se va deplasa prisma mobilă P_2, pe tija orizontală, până când cele două părţi ale jalonului se vor vedea în coincidenţă *(Fig. 23 -II).* Din desen, se constată că, în faza I, distanţei $\mathbf{d_1}$ îi corespunde o lungfime a bazei $\mathbf{b_1}$, iar în faza II, distanţei $\mathbf{d_2}$ îi corespunde o bază $\mathbf{b_2}$, formându-se un triunghi dreptunghic AP_1P_2 de unghi paralactic $\gamma = \frac{1}{200}$ şi baza $\frac{b}{}$ variabilă **b**, de unde: $d = \gamma$ sau $\mathbf{d = b \cdot ctg\, \gamma}$

Valoarea unghiului paralactic γ este astfel aleasă încât cotangenta lui să fie egală cu 200; relaţia devine $\mathbf{d = 200 \cdot b.}$

În acest caz, fiecare centimetru al bazei valorează 2m, în teren. Pentru comoditate, baza este gradată direct în metri. Întrucât, baza acestui aparat are, conform doiviziunilor tijei orizontale, o lungime de 30,5m, permite măsurarea unor distanţe de cel mult 61m, precizia fiind mai mică decât la măsurarea cu fire stadimetrice.O citire pe tija (baza) orizontală, cu lupa existentă, poate fi d = 23,6m, în care metrii (23) şi decimetrii (6) se citesc direct, iar centimetrii (4) se estimează. Pentru distanţe mai mari de 61m se poate utiliza o miră orizontală specială -

semnalul de vizare (*mira BRT – 006),* cu care se pot măsura distanţe de până la 180m; în acest caz, roarea dată de constructor este de ± 6cm / 100m.

Deoarece aparatul are cerc gradat orizontal şi cerc vertical, este indicat pentru ridicări tahimetrice expeditive în zone aglomerate,intravilane, zone împădurite, unde sunt necesare vize mai lungi.

Se consideră că eroarea asupra distanţelor este proporţională cu pătratul distanţei.

2.4. Precizia măsurării indirecte a distanţelor. Toleranţa

La măsurarea distanţelor pe cale indirectă se produc unele erori inevitabile, ce pot avea *cauze* diverse.

Aşa, de *exemplu:* în cazul cel mai frecvent de măsurare a distanţelor cu fire stadimetrice şi stadia verticală, chiar dacă stadia ar fi ţinută perfect verticală şi ar fi perfect gradată, iar valoarea constantei stadimetrice K ar fi exact 100, distanţa poate fi afectată de eroarea de citire a numărului generator G; uneori, din obosceală, se poate citi greşit numărul de centimetri, sau se poate stima greşit numărul de milimetri pe stadie.

De asemenea, eroarea medie de cititre pe stadie în dreptul unui fir stadimetric este şi funcţie de refracţia pe verticală, vibraţia şi oscilaţia straturilor de aer, ca şi de grosimea şi paralaxa firelor stadimetrice.

În timpul aceluiaşi fel de măsurători, pot interveni şi erpori de verticalitate, sau de diviziune a stadiei. În general, erorile intervin la astfel de măsurători sunt destul de importante şi cu atât mai mari cu cât accidentaţia terenului este mai pronunţată. Totuşi, în condiţii normale de lucru, pe terenuri practic orizontale, dacă luneta măreşte de cel puţin 24 x, se contează pe o ***precizie*** de 7 cm / 50m şi de 10 cm / 100m, de unde ***toleranţa*** de 15,0 cm / 50m şi de 20 cm / 100m. Accidentaţia terenului oferă însă şi avantaje, permiţând alegerea punctelor astfel încât vizele să se înalţe mult deasupra terenului şi astfel să micşoreze efectul refracţiei atmosferice şi al vibraţiilor.

Doarece precizia măsurătorilor scade cu distanţa, se recomandă ca distanţele măsurate pe cale stadimetrică să nu depăşească, după unii specialişti *(A. Russu - 1968 ş.a.)* 100m, pentru punctele importante, 120m pentru puncte oarecare şi 150m pentru punctele de importanţă secundară, iar după alţi specialişti *(Gh.Gavrilov şi L. Gavrilov – 1985)* să nu depăşească 300m.

În cazurile cele mai obişnuite ale terenurilor înclinate, când se măsoară şi unghiul de pantă, se recomandă ca distanţele să se măsoare dus şi întors, iar rezultatele să se compare cu toleranţele admise *(Tabelul nr. 3).*

TABELUL Nr. 3 – Toleranţe admise la măsurarea stadimetrică a distanţelor, cu stadia vereticală (după *Gh.Gavrilov şi colab. – 1985)*

Distanţa (m)	Toleranţe (m)			
	Panta terenului			
	$5 - 10^g$	$10 - 20^g$	$20 - 30^g$	$30 - 40^g$

50	0,17	0,22	0,27	0,32
60	0,18	0,23	0,28	0,33
70	0,20	0,25	0,29	0,34
80	0,22	0,26	0,30	0,36
90	0,23	0,27	0,31	0,38
100	0,25	0,29	0,33	0,40
110	0,27	0,32	0,35	0,42
120	0,28	0,33	0,38	0,44
130	0,30	0,35	0,39	0,46
140	0,32	0,37	0,42	0,48
150	0,35	0,40	0,45	0,50

3. ***Pocedee pentru măsurarea expeditivă a distanțelor în teren***

Cunoașterea acestei probleme ***(măsurarea expeditivă*** în teren înseamnă măsurarea rapidă, dar de precizie redusă) de către diverși specialiști ca geografi, geologi, botaniști ș.a. este foarte utilă, atât în cercetările de teren, cât și pentru efectuarea unor ridicări topografice expeditive.

În funcție de timpul avut la îndemână, prcizia dorită și condițiile oferite de teren, determinarea expeditivă a distanțelor se poate realiza prin efectuarea unor procedee directe sau procedee indirecte.

Măsurarea directă este, desigur, mai precisă, dar mai greoaie, necesitând parcurgerea distanțelor (ex. cu pasul) și întâmpinând dificultăți dacă terenul este accidentat, sau prezintă diverse obstacole.

Procedeele indirecte, deși sunt mai aproximative, în schimb sunt mai economice, mai rapide, nefiind necesară parcurgerea distanțelor și pot fi aplicate și pe terenuri accidentate, cu diverse obstacole mai ales naturale (cursuri de apă, lacuri, areale mlăștinoase etc.). Principalele procedee indirecte sunt:

- - ***Determinarea distanțelor din vedere.*** Aprecierea distanțelor din vedere depinde de mărimea distanțelor, gradul de antrenament, vizibilitatea în momentul respectiv ș.a.

Distanțele pot fi apreciate după mărimea aparentă a obiectelor vizate sau după depărtarea aparentă a acestora. Pentru aceasta, trebuie avute în vedere următoarele:

- obiectele par mai mari cu cât sunt mai apropiate;
- obiectele mai mari par mai apropiate decât acelea mai mici aflate la aceeași distanță;
- obiectele par mai apropiate în condiții bune de vizibilitate și par mai depărtate în condiții reduse de vizibilitate;

- obiectele de culori deschise par mai apropiate decât cele de culori închise situate la aceeaşi distanţă;

- obiectele din teren neted (şes) par mai apropiate, îndeosebi cele situate dincolo de un luciu întins de apă;

- obiectele observate de jos în sus, de la piciorul pantei spre vârf, par mai apropiate decât cele privite de sus în jos ş.a.

Pentru determinarea aproximativă a distanţelor, în condiţiile bune de vizibilitate, pentru o vedere normală, dăm mai jos (Tabelul nr. 4) următoarele date utile:

TABELUL Nr. 4 – **Date utile pentru aprecierea distanţelor din vedere**

Nr. crt.	Obiecte vizate	Distanţa de la care pot fi văzute (m)
1.	Ochii şi nasul unui om	70
2.	Ţiglele acoperişurilor	200
3.	Îmbrăcămintea şi culoarea ei	250
4.	Capetele oamenilor şi forma coafurii	400
5.	Bustul unui om	600
6.	Trunchiurile copacilor	1.000
7.	Pomii şi oamenii izolaţi	2.000
8.	Coşurile de pe acoperişuri	3.000
9.	Ferestrele caselor	4.000
10.	Casele izolate	5.000

- Determinarea distanţelor cunoscând înălţimea obiectelor

În acest scop este necesară o riglă gradată. În vederea măsurării, rigla se ţine în poziţie verticală, cu mâna întinsă în faţa ochilor. Lungimea normală a mâinii întinse este apreciată a fi, în medie, de 60cm. Privind dintr-un punct **A** un obiect din teren (de ex. un stâlp, un pom etc.) până la care se va determina distanţa **D** (Fig. 26-a), înălţimea lui **H** (cunoscută) se va încadra într-o mărime aparentă**(h)** pe riglă. În desen, rezultă două triunghiuri asemenea: ABB′ şi ACC′. Ca urmare

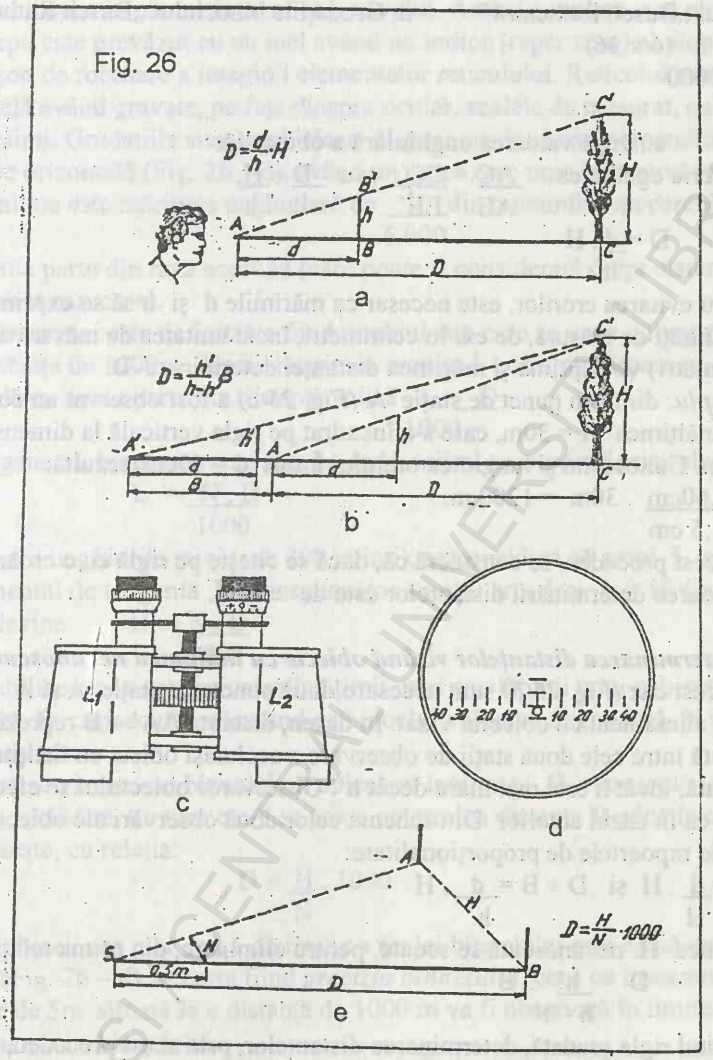


Fig. 26- **Procedee expeditive de măsurare a distanțelor**

$$D = \frac{d}{h} \cdot H$$

a. Prin vizarea unui obiect cu înălțimea cunoscută

$$D = \frac{h'}{h - h'} \cdot B$$

b. Prin vizarea unui obiect cu înălțimea necunoscută

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

c. Binoclul „Busch Rathenow" d. Gradațiile binoclului „Busch Rathenow"

(6 x 36)

$D = \frac{H}{N} . 1000$

e. După valoarea unghiulară a obiectelor se poate scrie egalitatea $\frac{AC}{AE} = \frac{CC'}{EE'}$, sau $\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$,

de unde: $D = \frac{d}{h} . H$

Pentru evitarea erorilor, este necesar ca mărimile **d** și **h** să se exprime în aceleași unități de măsură, de ex. în centimetri, încât unitatea de măsură a înălțimii **H** (metri) va exprima și mărimea distanței determinate **D.**

Exemplu: dintr-un punct de stație **A** *(Fig. 26-a)* a fost observat un copac izolat cu înălțimea **H** = 30m, care s-a încadrat pe rigla verticală la dimensiunea **h** = 1,5 cm. Cunoscând și lungimea brațului întins d = 60cm, rezultă:

$D = \frac{60cm}{1,5\ cm} . 30m = 1200\ m.$

La acest procedeu, se consideră că, dacă se citește pe riglă cu o eroare de ±1mm, eroarea determinării distanțelor este de ± 50m.

-Determinarea distanțelor vizând obiecte cu înălțimea necunoscută.

În acest caz *(Fig. 26-b)* sunt necesare două puncte de stație A și A′ situate pe același aliniament cu obiectul vizat. În desen, distanța AA′ = B reprezintă baza măsurată între cele două stații de observare a aceluiași obiect cu înălțimea H necunoscută, încât h este mai mare decât h′. Observarea obiectului se efectuează identic ca în cazul anterior. Din schema celor două observări ale obiectului, se pot scrie rapoartele de proporționalitate:

$D = \frac{d}{H} . H$ și $D + B = \frac{d}{h'} . H$

Mărimea **H** necunoscută se scoate, pentru eliminare, din prima relație rezultând $D = \frac{h'}{h - h'} . B$

Folosind rigla gradată, determinarea distanțelor, prin acest procedeu, se face cu o aproximație de $\frac{1}{20} - \frac{1}{50}$.

- Determinarea distanțelor cu binoclul

Binoclul *(Fig. 26 –a)* este un aparat de obsevare cu o largă utilizare practică; este folosit pentru observarea obiectelor situate la distanțe mari, cât și pentru măsurarea expeditivă a unghiurilor și distanțelor. În principiu, este compus din două lunete monoculare (L_1 și L_2) legate printr-un dispozitiv numit *șanieră* și care asigură paralelismul axelor optice ale monocularelor în orice poziție. O lunetă monoculară este un sistem optic alcătuit din obiectiv, prisme redresoare și ocular, constituind un sistem telescopic. În monocularul drept (L_2) se mai află și

un reticul dispus în planul focal al obiectivului. Ambele oculare, sau numai ocularul drept, este prevăzut cu un inel având un indice (reper zero) al dioptriilor şi un manşon de focusare a imaginii elementelor reticulului. Reticulul este o plăcuţă de sticlă având gravate, pe faţa dinspre ocular, scalele de măsurat, cu diviziuni în miimi. Gradaţiile sunt unghiulare, dispuse pe două axe perpendiculare sau numai pe orizontală (Fig. 26 – d), având un reper zero unic în centrul reticulului.

O miime este mărimea unghiulară de $\frac{1}{6.000}$ din circumferinţa cercului şi egală cu a mia parte din raza acestuia (care poate fi considerată drept distanţa până la un obiect oarecare).

Miimea mai este definită ca fiind unghiul sub care se vede o lungime de 1m de la distanţa de 1000m. Deci, lungimea arcului l, corespunzătoare unei miimi este egală cu a mia parte din distanţă, adică $l = \frac{D}{1000}$.

În general, lungimea unui arc **L** de N miimi se exprimă prin relaţia:

$$L = \frac{N \cdot D}{1000}$$

Pentru unghiurile mici (sub 300 miimi), se consideră că arcul **L** este egal cu segmentul de tangentă **H** corespunzător acestui arc, deci **L = H**. Ca urmare, relaţia devine $H = \frac{N \cdot D}{1000}$

care se utilizează la determinarea înălţimii unui sau lăţimii unui ocbiect, situat la o distanţă **D** cunoscută, măsurând cu binoclul valoarea unghiulară **N** sub care acesta se vede.

Dacă se vizează cu binoclul un obiect cu înălţimea **H** cunoscută (un pom, un stâlp, o clădire, un turn etc.), se poate determina distanţa **D** până la care acesta se găseşte, cu relaţia:

$$D = \frac{H}{N} \cdot 1000$$

De obicei, cea mai mică diviziune a scalei binoclului este egală cu ***5 miimi*** = 5 ‰ (Fig. 26 – d), aceasta fiind ***precizia binoclului***, ceea ce înseamnă că o lungime de 5m situată la o distanţă de 1000 m va fi observată în limitele unei diviziuni mici a binoclului.

Exemplu: un coş de termocentrală cu înălţimea H = 30m, a fost observat cu binoclul sau un unghi de 15‰ (deci N = 15), ca urmare :

$$D = \frac{30}{15} \cdot 1000 = 2000 \text{ m.}$$

- Determinarea distanţelor după valoarea unghiulară a obiectelor.

Un o biect de lungime sau înălţime cunoscută **(H)** poate fi observat, în dreptul unei rigle, sub un unghi exprimat într-un număr de milimetri variabil cu distanţa **D**. Dacă se utilizează o riglă ţinută faţă de ochi (cu o sfoară ţinută în gură), 1 mm de pe riglă va fi egală cu 2 miimi. Ca urmare, pentru obţinerea nu-

mărului de miimi (N), numărul de milimetri se va înmulți cu 2 miimi. Datele se introduc în relația $D = \frac{H}{N} . 1000$.

***Exemplu** (Fig. 26-e):* dintr-un punct de staționare S, intervalul dintre doi stâlpi **A** și **B**, cu lungimea **H** = 60m, a fost observat cu rigla sub o valoare un-ghiulară de 15mm, deci n = 15mm x 2 = 30‰ ; ca urmare

$$D = \frac{60}{30} . 1000 = 2.000m.$$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lucrarea practică nr. 2
2. CUNOAŞTEREA TEODOLITULUI TAHIMETRIC

2.1. *Generalităţi*

Instrumentele utilizate pentru măsurarea în teren a unghiurilor orizontale şi verticale sunt denumite în general ***goniometre.***

Precizia cea mai înaltă la măsurarea unghiurilor este asigurată de goniometrele ce posedă ca vizor o lunetă topografică şi care sunt denumite ***teodolite.***

În topografie, astăzi sunt utilizate două categorii de teodolite: - teodolite propriu – zise şi teodolite – tahimetre (tahimetre).

Deosebirea esenţială între aceste două categorii constă în precizia măsurării unghiurilor: teodolitele propriu – zise asigură o precizie de până la 10^{cc} (10″) sau 1^{cc} (1′), cum este „Theo – 010" Zeiss, în timp ce precizia tahimetrelor este de cel mult 1^{c} (1′).

De asemenea, ***tahimetrele*** posedă de obicei o lunetă stadimetrică, permiţând efectuarea de măsurători rapide, atât de unghiuri, cât şi de distanţe *(tahis = repede);* dintre acestea amintim modelele: TT – 50 (sovietic), Theo – 020, Theo – 020 A, Theo – 020 B, Theo – 030 ş.a. de la firma Zeiss – Jena ş.a.

După modul de construcţie, teodolitele şi tahimetrele sunt de două tipuri:

- ***de tip clasic***, având cercurile gradate construite din metal, iar pentru citirea diviziunilor acestora posedă dispozitive ca *vernierul* (ex. T.T. – 50, Freiberger, Hildebrand ş.a.), care nu se mai foloseşt;

- ***moderne***, care au cercurile gradate din cristal şi sunt înzestrate cu dispozitive optice de citire centralizată într-un singur *microscop* (ex. O.T.10 – sovietic, Theo - 010, Theo- 020, Theo – 020 A, Theo – 020 B, Theo – 030 ş.a.).

Unele aparate moderne, zise ***automate***, posedă dispozitive optice suplimentare şi folosesc mire speciale pe care se citesc direct, fără calcule, distanţa redusă la orizont şi diferenţa de nivel dintre punctul de staţie şi punctele vizate. Din această categorie fac parte ***tahimetrele autoreductoare;*** unele permit citirea direc tă numai a distanţelor reduse la orizont (ex. Redta – 002 şi BRT- 006 de la Zeiss; Kern DM-M, Kern DK-RV, Kern DK- RT; Sanguet; TARI ş.a.), iar altele dau direct şi diferenţa de nivel (ex. DAHLTA 010 A – Zeiss; Kern DKR, Kern R_1-RA; Wild RDS, Wild RDH ş.a.).

După posibilităţile de mişcare ale cercului gradat orizontal (limbul) se deosebesc trei tipuri de teodolite-tahimetre:

- ***tipul simplu***, la care limbul este fixat pe arborele principal, pe el rotindu-se cercul alidad, încât are numai mişcare înregistratoare; acest tip de aparate nu se mai construieşte;

- ***tipul repetitor***, la care limbul se poate elibera şi bloca pe arborele principal, se poate roti în jurul axei principale (verticale) în acelaşi timp cu alidada ; astfel de instrumente permit măsurarea unui unghi orizontal de mai multe ori cu mai multe origini; mişcarea repetitoare este caracteristică tahimetrelor şi denumită ***mişcare generală*** (ex. Theo – 030 Zeiss ş.a.);

- ***tipul reiterator,*** la care limbul se poate roti în jurul axei principale independent de alidadă, acționarea lui realizându-se cu un *șurub reiterator,* mișcarea reiteratoare este caracteristică teodolitelor și se permite introducerea de origini diferite pe o ditrecție (ex. teodolitele Zeiss Theo - 010, Wild T_2 ș.a.).

2.2. ***Părțile componente ale unui teodolit-tahimetru clasic***

Un teodolit-tahimetru de tip clasic, cum este tahimetrul sovietic **T.T.50**

(Fig.27 - a), posedă următoarele părți principale:

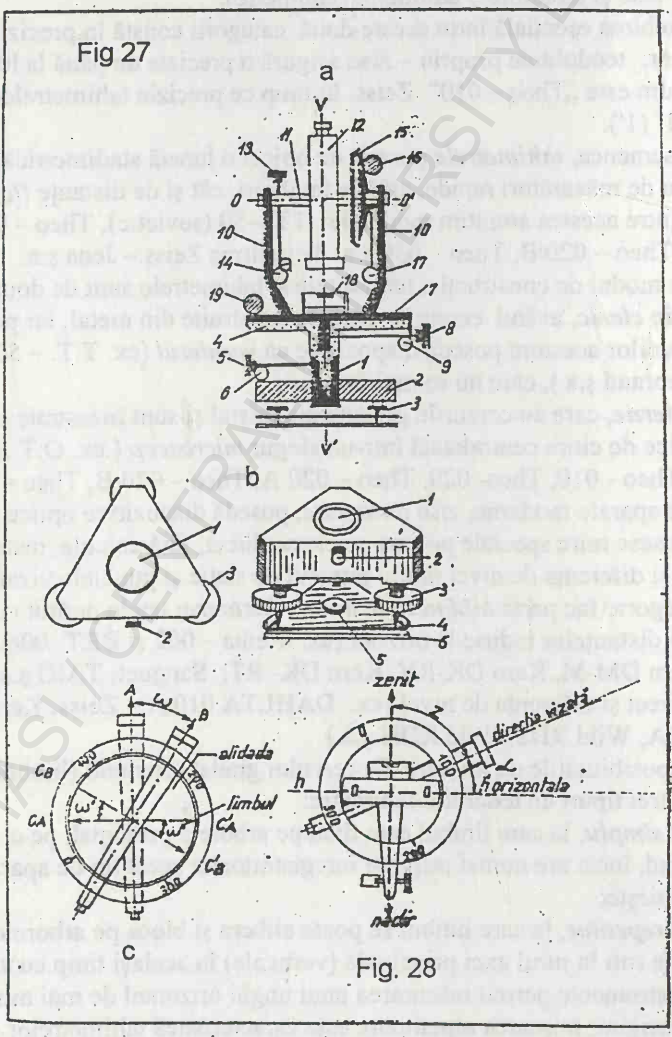


Fig.27 - Schema unui teodolit-tahimetru clasic (T.T. 50)

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a. Părţile componente
1.arborele principal 2.suport de bază; 3.şuruburi de calare; 4.cercul gradat orizontal (limbul);5.şurubul mişcării generale; 6.micrometrul mişc.generale; 7.cerc alidad; 8.şurubul mişc.azimutale; 9.micrometrul mişc. azim.; 10.furcile lunetei; 11.arborele secundar (oriz.); 12.luneta; 13.şurubul mişc.vertic.a lunetei; 14.micr.mişc.vertic.; 15.cercul gradat vertic.(eclimetrul); 16.nivela superioară;17.microm. nivelei super.; 18-19 – nivele torice pentru calarea limbului; vv' - axa principală (vertic.); 00'- axa secund. (oriz.)

b. Suportul de bază (ambaza)
1.locaş pt.arborele princip.; 2.şurub de fixare a arborelui; 3.şurub de calare ; 4.placă flexibilă; 5.locaş filetat ptr. introd. şurubului pompă; 6. placă rigidă

c. Cercul oriz. şi măs. unghiului oriz. ω

Fig.28.- Cercul vertic. şi măs. unghiului zenital (Z)
şi a unghiului vertical – de pantă (α)

- ***Arborele principal*** (1) este piesa care susţine, la partea superioară, tot restul aparatului propriu-zis; axa sa este denumită axa principală, sau ***axa verticală*** (vv'), în jurul căreia putându-se roti întregul aparat; în vederea oricăror măsurători, aceasta trebuie adusă în poziţie perfect verticală.

- ***Suportul de bază***, denumit şi ambază (2), este piesa de legătură a aparatului propriu-zis cu platforma trepiedului; la aparatele moderne, ambaza are forma unei prisme triunghiulare *(Fig. 27-b)*, având în mijloc un locaş (1), în care se introduce partea inferioară a arborelui principal, care se fixează printr-un şurub exterior (2), iar la partea inferioară trei *şuruburi de calare* (3), o placă rigidă; *placa rigidă* (6) se sprijină direct pe platforma trepiedului, iar *placa flexibilă* (4)posedă, în mijloc, un orificiu (5) cu filet interior, în care se introduce şurubul pompă al trepedului.

La partea superioară, aborele principal susţine un ax tubular vertical cu ***cercul gradat orizontal*** *(limbul-4)*, de forma unui disc *(Fig. 27-c)*, ce are pe margine o bandă pe care sunt gravate diviziunile cercului, care poate fi împărţit în sistemul sexagesimal (360°) sau, la cele moderne, în sistemul centesimal (400^g).

Tahimetrele moderne sunt repetitoare, permit mişcarea limbului pe arborele principal, blocarea şi eliberarea mişcării limbului fiind comandate prin *şurubul (5) şi micrometrul mişcării generale (6)*.

Cercurile gradate reprezintă cele mai importante piese ale aparatului, deoarece de exactitatea gradaţiilor lor depinde precizia de măsurare a unghiurilor; la aparatele moderne, cercurile orizontale sunt construite din cristal.

În timpul măsurătorilor, limbul, care este perpendicular pe axa principală - verticală (vv'), trebuie să se afle în poziție perfect orizontală.

În axul tubular al limbului, se află un ax plin ce susține ***cercul alidad*** (7), având forma unui disc ce posedă două repere zero diametral opuse, însoțit de către un vernier în dreptul cărora se efectuează citirile la cercul gradat. Alidada are, pe de o parte, rolul de a proteja limbul, iar pe de altă parte, de a susține restul pieselor, care alcătuiesc împreună suprastructura aparatului.

În timpul măsurătorilor, limbul rămâne blocat, pe el mișcându-se doar cercul alidad împreună cu luneta. Blocarea și eliberarea cercului alidad sunt comandate prin șurubul (8) și micrometrul mișcării orizontale / azimutale (9).

La partea superioară, alidada susține două furci (10), pe umerii cărora este montat ***arborele secundar / orizontal*** (11), cu axa orizontală (00'), care este perpendiculară pe axa principală vv'.

Pe arborele secundar sunt montate, solidar cu acesta, ***luneta*** (12) și ***cercul vertical***, cu rol de *eclimetru* (15). Mișcarea de rotire / basculare a lunetei în plan vertical și blocarea sa sunt comandate prin *șurubul* (13) și *micrometrul mișcării verticale* (14). Cercul gradat vertical se mișcă odată cu luneta, în timpul măsurării unghiurilor verticale față de două repere zero fixe *hh' (Fig. 28)*, a căror direcție trebuie adusă în plan orizontal (trebuie calate), operațiune ce se realizează indirect, cu ajutorul unei nivele torice denumită ***nivela superioară*** sau *nivela eclimetrului* (16). Calarea nivelei superioare se efectuează acționând, stânga / dreapta, *micrometrul nivelei superioare* (17).

În vederea calării limbului, deasupra alidadei sunt montate: fie o nivelă sferică - pentru calarea aproximativă la punerea în stație și o nivelă torică - pentru calarea propriu-zisă, exactă, a limbului, fie ***două nivele torice*** (18 și 19) montate în poziție perpendiculară.

Cercul vertical (eclimetrul) este construit din același material ca și cercul orizontal, iar gradarea este realizată asemănător. El servește (*Fig. 28)* la măsurarea unghiurilor verticale – zenitale (Z) sau a celor de pantă(α).

La aparatele cu care se măsoară doar unghiul vertical (α), format între planul orizontal *hh'* al reperelor zero de la eclimetru și axa de vizare a lunetei, cercul vertical este astfel gradat încât linia gradațiilor $0^g - 200^g$ de găsește în același plan cu axa de vizare a lunetei, diviziunea 0^g fiind situată înspre ocular, iar cea de 200^g spre obiectiv.

La un teodolit clasic, măsurarea unui unghi vertical se realizează ca și la cercul orizontal, efectuând câte o citire în dreptul celor două repere zero cu verniere, diametral opuse, obținând valorile α' și α''. Dacă $\alpha'' = \alpha' + 200 \pm 2\, e_c$, se calculează valoarea unghiului vertical ca medie între valorile obținute:

$$\alpha = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}$$

La todolitele moderne (ex. Theo – 020A Zeiss), cercul vertical este montat cu linia diviziunilor $100^g - 300^g$ pe direcția axei de vizare a lunetei (ca în *Fig.28)* și cu diviziunea 0^g pe direcția zenitală. La aceste aparate, unghiul citit

direct la cercul vertical este *unghi zenital (Z),* iar unghiul vertical *(α) - unghiul de pantă,* se determină funcție de unghiul zenital măsurat, după caz, cu relațiile:

$\alpha = 100^g - Z$ (pentru unghi vertical pozitiv) și

$\alpha = Z - 100^g$ (pentru unghi vertical negativ).

Unghiurile verticale nu pot fi măsurate cu origini diferite, ca la unghiurile orizontale, deoarece originea zero se află, de obicei, în planul înclinat de vizare.

Modul de gradare a cercului vertical diferă de la un grup la altul de teodolite.

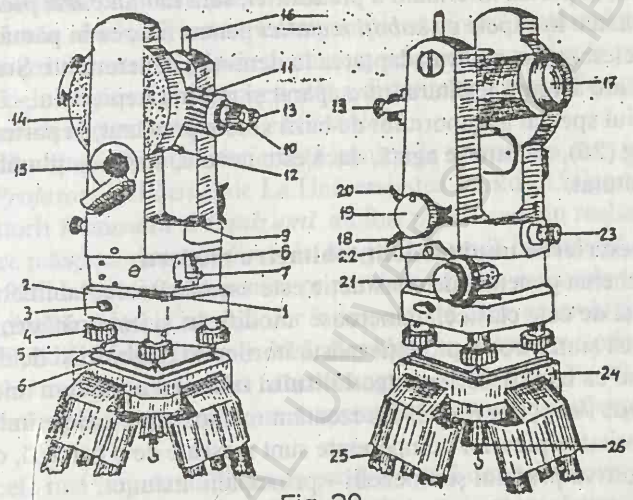


Fig. 29

Fig. 29-a

Fig. 29 – Teodolitul – tahimetru „Theo – 020A" (Zeiss – Jena)

1.Aborele principal; 2. Suportul de bază (ambaza); 3.Șurubul de fixare a arborelui principal în ambază; 4.Șurub de calare; 5.Placă flexibilă; 6.Placă rigidă; 7.Pârghia (clema) de solidarizare a cercului alidad cu limbul (de eliberare a mișcării limbului); 8.Pârghia (clema) de blocare a limbului; 9.Nivela sferică; 10.Ocularul lunetei; 11. Manșonul de focusare; 12. Colimator; 13.Microscopul cu scăriță;14.Carcasa cercului vertical;15.Fereastra de iluminare a cercurilor gradate; 16.Cep pentru fixarea declinatorului; 17.Obiectivul lunetei; 18.Clema miș-cării azimutale; 19.Butonul de obturare a imaginii cercului vertical; 20.Clema mișcării verticale; 21.Micrometrul mișcării azimutale; 22.Micrometrul mișcării verticale; 23.Dispozitivul pentru

centrare optică; 24.Platforma trepiedului; 25.Picior telescopic; 26.Şurubul pompă şi cârligul firului cu plumb.

Fig. 29-a – Reticulul todolitului - tahimetru *„Theo – 020A"*

-Trepiedul** (Fig. 29)* este stativul pe care se fixează teodolitul (şi alte tipuri de aparate topografice) deasupra punctului de staţie, în vederea oricăror măsurători în teren. Un trepied este compus din: *platfoma (măsuţa) trepiedului* (24), având în mijloc un gol, în care se mişcă un ***şurub pompă (26), montat pe o pârghie mobilă; la partea inferioară a platformei, sunt montate ***trei picioare*** (25) din lemn, prevăzute la capete cu *saboţi metalici* pentru fixarea în pământ şi care sunt de obicei telescopice, pentru adaptarea la denivelările terenului. Şurubul pompă este piesa care asigură legătura între aparat şi măsuţa trepiedului - înşurubându-se în orificiul special al suportului de bază şi este prevăzut, la partea inferioară, cu un cârlig (26), de care se agaţă, dacă este nevoie, un fir cu plumb, pentru centrarea aparatului.

Descrierea unui teodolit tahimetru modern

Deşi schema generală de constucţie este asemănătoare, tahimetrele moderne prezintă, faţă de cele clasice, numeroase modificări şi îmbunătăţiri, ce au ca scop uşurarea şi mărirea rapidităţii măsurătorilor de unghiuri şi de distanţe.

Folosind ca bază descrierea **teodolitului tahimetru** modern model **„Theo-020A"** – *Zeiss Jena*, din *Fig. 29*, prezentăm mai jos principalele îmbunătăţiri:

a) Majoritatea pieselor componente sunt mascate de o carcasă, care le protejează împotriva prafului şi umezelii – principalii inamici;

b) Aparatele posedă o pârghie / clemă repetitoare ***(pârghia de solidarizare*** a limbului cu cercul alidad) formată din: o piesă inferioară (7), clema (pârghia de solidarizare a limbului cu cercul gradat) de eliberare a mişcărilor limbului şi piesă superioară (8), clema / pârghia de blocare a limbului; această dublă piesă permite orientarea limbului pe orice direcţie şi măsurarea unghiului orizontal începând cu orice diviziune;

c) Prin construcţie, s-a realizat ***centralizarea unor piese***, respectiv montarea lor grupată, pentru a fi acţionate mai rapid cu aceeaşi mână. Vechile şuruburi ale celor două mişcări principale au fost înlocuite prin două cleme (pârghii) montate grupat – clema mişcării azimutale / orizontale (18) şi clema mişcării verticale (20), între ele existând un buton de obturare a imaginii cercului vertical (19). În apropiere sunt montate grupat, pe aceeaşi parte, micrometrul mişcării azimutale (21) şi micrometrul mişcării verticale (22);

d) Luneta este însoţită de ***două colimatoare*** (12), servind la vizarea aproximativă, dar rapidă, a obiectelor în teren;

e) Aparatul posedă un dispozitiv propriu pentru centrare optică (23);

f) Citirea diviziunilor ambelor cercuri gradate se efectuează centralizat, într-un dispozitiv optic denumit ***microscop cu scăriţă*** (13), montat lângă lunetă; cercurile gradate sunt iluminate din exterior printr-o fereastră laterală (15) cu o o-

glindă mobilă, iar imaginea lor este condusă în microscop printr-un sistem optic (prisme) interior;

g) La aparatele mai noi, cum sunt Theo-020, Theo-020A ş.a., calarea reperelor zero de la eclimetru se realizează automat, printr-un sistem compensator cu pendul; compensatorul uşurează mult modul de măsurare a unghiului vertical, reduce timpul necesar determinării unghiului, măreşte precizia măsurării şi a dus la eliminarea nivelei superioare, ce trebuia permanent observată de operator.

2.3. Teodolite digitale (electronice)

Sunt cele mai moderne instrumente pentru măsurarea distanţelor şi unghiurilor. Iniţial au fost construite pentru distanţe geodezice mari, dar în prezent se realizează modele ce permit măsurarea atât a distanţelor topografice cât şi a unghiurilor şi sunt denumite ***tahimetre electronice.***

Prima dată a fost utilizată interferenţa luminii la măsurarea unei lungimi etalon de către *Profesorul I.Väisülä* de La Universitatea Turku - Finlanda, iar în 1938, cercetătorii ***Watanalu*** şi ***Imaizumi*** au fost primii care au realizat un dispozitiv cu care măsurau distanţe direct în lungimi de undă luminoasă.

În anul 1925, a fost folosită pentru prima dată metoda radiotehnică de măsurare a distanţelor cu ajutorul semnalelor în impuls, de către americanii Breit şi Tuivi. În 1930, ***L. I. Mandelstam*** şi ***N. I. Papaleni*** au propus metoda determinării distanţelor cu ajutorul undelor electromagnetice, iar în 1939, ***Wolff*** a obţinut primul brevet pentru realizarea unui aparat electrooptic de măsurare a distanţelor.

Printre cele mai impotante firme ce produc astfel de aparate, amintim: **Sokkia** (Japonia), **Leica-Wild** şi **Kern** (Elveţia), **Zeiss** (Germania) ş.a. (Tabel 5):

Tab. nr. 5- **Sisteme modulare de tahimetre electronice**
(după I. N. Leu ş.a.,1999)

Firma constr.	Teodolit o-optic e-electronic	Distomat Telemetru	**Distanţa** max.(km) normal/ optim	Nr.de prisme	Precizia ±	Timp de măsură	Terminali
Leica (Wild şi Kern)	Toate tipurile şi model.	Di 1001	0,8/0,9 1,1/1,3	1 3	±(5mm + 5‰ mm)	2 sec.	GRM 10 pentru teod. optice
		Di 1600	2,5/3,5 3,5/3,0	1 3	±(3mm + 2 mm ‰)	2 sec	
		Di 2002	5,0/7,0	11	1 mm + 1 mm ‰	3 sec	
		Di 3000	6/9	1	±(3-5mm+	3,5sec	GRE 4

centrare optică; 24.Platforma trepiedului; 25.Picior telescopic; 26.Şurubul pompă şi cârligul firului cu plumb.

Fig. 29-a – Reticulul todolitului - tahimetru *„Theo – 020A"*

-Trepiedul** (Fig. 29)* este stativul pe care se fixează teodolitul (şi alte tipuri de aparate topografice) deasupra punctului de staţie, în vederea oricăror măsurători în teren. Un trepied este compus din: *platfoma (măsuţa) trepiedului* (24), având în mijloc un gol, în care se mişcă un ***şurub pompă (26), montat pe o pârghie mobilă; la partea inferioară a platformei, sunt montate ***trei picioare*** (25) din lemn, prevăzute la capete cu *saboţi metalici* pentru fixarea în pământ şi care sunt de obicei telescopice, pentru adaptarea la denivelările terenului. Şurubul pompă este piesa care asigură legătura între aparat şi măsuţa trepiedului - înşurubându-se în orificiul special al suportului de bază şi este prevăzut, la partea inferioară, cu un cârlig (26), de care se agaţă, dacă este nevoie, un fir cu plumb, pentru centrarea aparatului.

Descrierea unui teodolit tahimetru modern

Deşi schema generală de constucţie este asemănătoare, tahimetrele moderne prezintă, faţă de cele clasice, numeroase modificări şi îmbunătăţiri, ce au ca scop uşurarea şi mărirea rapidităţii măsurătorilor de unghiuri şi de distanţe.

Folosind ca bază descrierea **teodolitului tahimetru** modern model **„Theo-020A"** – *Zeiss Jena*, din *Fig. 29*, prezentăm mai jos principalele îmbunătăţiri:

a) Majoritatea pieselor componente sunt mascate de o carcasă, care le protejează împotriva prafului şi umezelii – principalii inamici;

b) Aparatele posedă o pârghie / clemă repetitoare ***(pârghia de solidarizare*** a limbului cu cercul alidad) formată din: o piesă inferioară (7), clema (pârghia de solidarizare a limbului cu cercul gradat) de eliberare a mişcărilor limbului şi piesă superioară (8), clema / pârghia de blocare a limbului; această dublă piesă permite orientarea limbului pe orice direcţie şi măsurarea unghiului orizontal începând cu orice diviziune;

c) Prin construcţie, s-a realizat ***centralizarea unor piese***, respectiv montarea lor grupată, pentru a fi acţionate mai rapid cu aceeaşi mână. Vechile şuruburi ale celor două mişcări principale au fost înlocuite prin două cleme (pârghii) montate grupat – clema mişcării azimutale / orizontale (18) şi clema mişcării verticale (20), între ele existând un buton de obturare a imaginii cercului vertical (19). În apropiere sunt montate grupat, pe aceeaşi parte, micrometrul mişcării azimutale (21) şi micrometrul mişcării verticale (22);

d) Luneta este însoţită de ***două colimatoare*** (12), servind la vizarea aproximativă, dar rapidă, a obiectelor în teren;

e) Aparatul posedă un dispozitiv propriu pentru centrare optică (23);

f) Citirea diviziunilor ambelor cercuri gradate se efectuează centralizat, într-un dispozitiv optic denumit ***microscop cu scăriţă*** (13), montat lângă lunetă; cercurile gradate sunt iluminate din exterior printr-o fereastră laterală (15) cu o o-

glindă mobilă, iar imaginea lor este condusă în microscop printr-un sistem optic (prisme) interior;

g) La aparatele mai noi, cum sunt Theo-020, Theo-020A ş.a., calarea reperelor zero de la eclimetru se realizează automat, printr-un sistem compensator cu pendul; compensatorul uşurează mult modul de măsurare a unghiului vertical, reduce timpul necesar determinării unghiului, măreşte precizia măsurării şi a dus la eliminarea nivelei superioare, ce trebuia permanent observată de operator.

2.3. Teodolite digitale (electronice)

Sunt cele mai moderne instrumente pentru măsurarea distanţelor şi unghiurilor. Iniţial au fost construite pentru distanţe geodezice mari, dar în prezent se realizează modele ce permit măsurarea atât a distanţelor topografice cât şi a unghiurilor şi sunt denumite ***tahimetre electronice***.

Prima dată a fost utilizată interferenţa luminii la măsurarea unei lungimi etalon de către *Profesorul I.Väisälä* de La Universitatea Turku - Finlanda, iar în 1938, cercetătorii ***Watanalu*** şi ***Imaizumi*** au fost primii care au realizat un dispozitiv cu care măsurau distanţe direct în lungimi de undă luminoasă.

În anul 1925, a fost folosită pentru prima dată metoda radiotehnică de măsurare a distanţelor cu ajutorul semnalelor în impuls, de către americanii Breit şi Tuivi. În 1930, ***L. I. Mandelstam*** şi ***N. I. Papaleni*** au propus metoda determinării distanţelor cu ajutorul undelor electromagnetice, iar în 1939, ***Wolff*** a obţinut primul brevet pentru realizarea unui aparat electrooptic de măsurare a distanţelor.

Printre cele mai impotante firme ce produc astfel de aparate, amintim: **Sokkia** (Japonia), **Leica-Wild** şi **Kern** (Elveţia), **Zeiss** (Germania) ş.a. (Tabel 5):

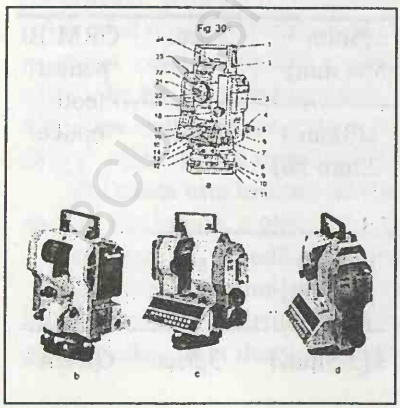
Tab. nr. 5- **Sisteme modulare de tahimetre electronice**
(după I. N. Leu ş.a.,1999)

Firma constr.	Teodolit o-optic e-electronic	Distomat Telemetru	**Distanţa** max.(km) normal/ optim	Nr.de prisme	Precizia ±	Timp de măsură	Terminali
		Di 1001	0,8/0,9 1,1/1,3	1 3	±(5mm + 5‰ mm)	2 sec.	GRM 10 pentru teod. optice
Leica (Wild şi Kern)	Toate tipurile şi model.	Di 1600	2,5/3,5 3,5/3,0	1 3	±(3mm + 2 mm ‰)	2 sec	
		Di 2002	5,0/7,0	11	1 mm + 1 mm ‰	3 sec	
		Di 3000	6/9	1	±(3-5mm+	3,5sec	GRE 4

			7/11	3	1mm ‰		pentru
			9/14	11			teodolite
		DIOR 3002	250m	fără	5 – 10 mm	3 sec	electro-nice
Sokkia	DT 2	RED 2L	3,8/1,5	1			
	DT 4		5,0/6,4	3	±(3-5		
			7,6/9,8	9	mm +5	6 sec	SDR 33
		RED 2A	2,0/2,3	1	mm)		
			2,8/3,2	3			
			3,8/4,5	9			
		RED Mini 2	0,8/1,0	1	±(5mm +	5 sec	
			1,2/1,5	3	5 mm ‰)		
Zeiss	E Th 3	Eldi 4	0,8/1,2	1	±(3-5mm +	4 sec	REC 500
			1,2/1,5	3	1mm ‰)	5 sec	REC 200
	E Th 4	Eldi 10	16,0	1	±(5mm+		
				3	1 mm ‰)		

Pentru măsurarea distanțelor topografice, având o rază de acțiune de până la 2,5 km, se folosesc telemetrele electrooptice **EOK – 2000** Zeiss sau **EOT – 2000,**ori distomatul **Di 10 Wild,** iar pentru lucrări speciale mecometrul ME3000 Kern, teodolitul electronic de tip SOKKIA SET 5 A TOTAL STATION sau Auto Function Total Station SDM 3 FR – SOKKISHA.

Precizia măsurării distanțelor cu aparatele electromagnetice este între 1- 3 cm/km, iar a celor optice (ce permit măsurarea distanțelor până la 5000m) este mai mare, de 1-2 cm/km, durata unei determinări fiind de 1- 2 minute.



Părțile componente:
3 - Bateria de ali mentare;
4, 5 – Dispozitiv de centrare optică;
6.Întrerupător pornit-oprit;
7, 8 - Șuruburi pentru mișcarea orizontală;
9 - Șurub de calare;
10 - Priză pentru carnetul electronic de teren;
14 - Tastatură;
15 - Nivela tori că;
16 - Afișaj;
18, 19 - Șuruburi penru miș carea verticală;
20, 21, 22, 23 - Ocular lu netă, placa protectoare pentru firele retic.,manșon de focusare a imaginii;
24 - Coli mator.

Fig.30-a: **Tahimetrul electronic SET 2C (SOKKIA – Japonia)**

În figurile următoare au fost reprezentate: tahimetrul electronic **Rec Elta 13C** *(Fig. 30-b)*, produs de firma Zeiss; modelele **Rec Elta 13CM** *(Fig. 30-c)* și **Rec Elta 13 CMS** *(Fig. 30-d)*, ambele fiind variante îmbunătățite ale tahimetrului Rec Elta 13 C.

TAHIMETRE ELECTRONICE

Fig.30-b _ **Rec Elta 13 C** **Fig, 30-c _ Rec Elta 13CM**
Fig. 30-d Tah.electr. **Rec Elta 13 CMS**

2.4. Anexele teodolitului – tahimetru

În vederea efectuării măsurătorilor și a ridicărilor topografice, orice teodolit - tahimetru este însoțit, în funcție de necesități, de unele anexe, care servesc la rezolvarea dverselor operațiuni.

Astfel, pentru punerea în stație, pot fi necesare: un fir cu plumb, un baston de centrare, sau un dispozitiv independent pentru centrare optică.

Pentru măsurarea stadimetrică a distanțelor sunt necesare o stadie verticală, sau o stadie orizontală care se fixează pe un trepied propriu.

În vederea măsurării orientării unor direcții, în teren sau a orientării magnetice a aparatului - orientarea limbului cu diviziunea zero pe direcția nord magnetic (N_m), un tahimetru poate avea ca anexă: ***o busolă circulară***, ori un ***declinator***, ce poate fi cu cutie dreptunghiulară sau cu ***cutie tubulară***, acest din urmă tip asigurând cea mai mare precizie. Tahimetrele sunt prevăzute, la partea superioară a uneia din furci *(Fig. 29)*, cu un cep și un fixator al uneia din aceste busole.

2.5.Verificarea și rectificarea teodolitului

În urma folosirii îndelungate, piesele teodolitului se pot uza, degrada și deregla, ceea ce impune verificarea și rectificarea lor periodică.

Verificarea constă în cercetarea stării piselor componente a a spectului general al aparatului, a îndeplinirii condițiilor constructive și geometrice.

Rectificarea constă în efectuarea unor operațiuni care să elimine eventualele dereglări constatate și să restabilească poziția reciprocă corectă a pieselor.

Verificarea îndeplinirii condițiilor constructive

Această verificare se referă la condițiile pe care trebuie să le îndeplinească axele și cercurile teodolitului prin construcție:

- ***Cercurile gradate să fie pendiculare pe axele lor***

Respectiv axa $VV' \perp$ limb și $OO' \perp$ cerc vertical; se consideră că o abatere în limitele a 10 minute nu afectează măsurarea unghiurilor; în cazul unei abateri mai mari, se intervine la atelierele de specialitate;

- ***Axele de rotație VV' și OO' să coincidă cu centrele cercurilor gradate respective:*** excentricitatea axei principale VV' față de cercul gradat orizontal este numită ***excentricitatea alidadei***; aceasta, chiar și atunci când este foarte mică, poate genera erori destul de mari la măsurarea unghiurilor. Astfel, pentru e = 0,005 mm și un cerc gradat cu diametrul Ø 100mm, se poate obține un $\Delta_{\omega\ max} = 127^{cc}$. Constatarea erorii de excentricitate a alidadei se relizează astfel: se vizează cu teodolitul pus în stație un punct și se execută citirea pentru această direcție la cele două dispozitive de citire. Dacă citirile diferă cu $200^g \pm 2\ p_c$ (p_c - fiind aproximația dispozitivului de citire, nu există excentricitate. Operația se repetă apoi și pe alte direcții. Dacă o asemenea eroare se constată, ea are un caracter sistematic și se elimină prin aplicarea unei metode adecvate de citirea direcțiilor, respectiv citind la ambele dispozirtive de citire și luând media lor.

- ***Axa de vizare a lunetei să treacă prin axa verticală de rotație VV' a teodolitului.*** Neîndeplinirea acestei condiții dă o eroare de excentricitate a lunetei, care produce erori sistematice la măsurarea unghiurilor orizontale. Practica a dovedit că pentru a elimina simultan și erorile de excentricitate a alidadei și cele de excentricitate a planului de vizare a lunetei, fiecare direcție trebuie vizată în pozițiile I și II ale lunetei, făcând citiri la ambele dispozitive de citire diametral opuse și luând media lor.

- ***Mărimile gradațiilor cercurilor să fie riguros egale.*** Erorile de divizare a cercurilor și ale dispozitivelor de citire ale teodolitelor sunt inevitabile, dar au valori foarte mici și sunt întâmplătoare. Ele au o influență sistematică în măsurarea unghiurilor și poate fi redusă folosind origini diferite.

Verificarea îndeplinirii condițiilor geometrice.

Axele unui teodolit (axa verticală sau principală VV', axa orizontală sau secundară 00', axa de vizare a lunetei, directricea nivelei torice DD' și linia reperelor zero ale eclimetrului) trebuie să îndeplinească următoarele condiții geometrice:

- ***Axa principală să fie verticală (DD' $\perp$ VV'):*** îndeplinirea acestei condiții se realizează indirect, prin calarea teodolitului, presupunând că nivelele sale sunt riguros rectificate. Prin construcție, limbul este perpendicular pe axa principală VV' de rotație a treodolitului; ca urmare, prin calarea sa se obține automat verticalizarea axei VV'. Existența eventualei înclinări a axei principale se poate constata după calarea atentă a limbului, rotind teodolitul în jurul axei VV' și urmărind dacă bula de aer a nivelei torice rămâne între repere. Rectificarea acestei neperpendicularități se poate realiza numai în ateliere de specialitate.

- ***Axa de vizare a lunetei să fie perpendiculară pe axa secundară 00'.*** Neîndeplinirea acestei condiții determină *eroarea de colimație orizontală*. Pentru constatarea acestei erori, cu luneta aproximativ orizontală se vizează, în poziția I, un punct **P** îndepărtat și bine vizibil și se citește pe limb valoarea a_1. Apoi se

vizează acelaşi punct P în poziția II *(„peste cap")* a lunetei, citind valoarea a_2. Dacă $a_2 = a_1 \pm 200^g$ rezultă că aparatul nu are eroare de colimație. Dacă $a_2 \neq a_1 \pm 200^g$, condiția menționată nu este îndeplinită, iar diferența reprezintă dublul erorii de colimație. Rectificarea acestei erori constă în centrarea reticulului pe axa lunetei, acționând şuruburile de rectificare S_1 şi S_2 *(Fig. 9)*. În teren, se impune, la măsurarea unghiurilor orizontale, citirea la limb de două ori, cu luneta în ambele poziții (I şi II), luând în considerare media lor.

- Axa secundară trebuie să fie orizontală (00' ⊥ VV'): neîndeplinirea acestei condiții afectează unghiurile orizontale. Constatarea erorii se realizează prin diferite procedee, cum este următorul: cu luneta mult înclinată se vizează în poziția I un punct **P** marcat pe un perete; se blochează mişcarea cercurilor orizontale şi se plonjează luneta, proiectând punctul **P** în P_1. Poziția lui P_1 se citeşte pe o stadie (sau riglă) orizontală situată pe perete la înălțimea lunetei. Se repetă operația şi cu luneta în poziția II, obținând punctul P_2. Dacă cele două citiri coincid (P_1 coincide cu P_2) rezultă că axa de vizare se înclină într-un plan vertical şi deci condiția amintită este îndeplinită. În caz contrar, se procedează la rectificarea acestei erori. La teodolitele moderne, această condiție este realizată prin montaj, cu o precizie sporită ($i < 20^{cc}$).

2.2. PUNEREA ÎN STAȚIE A INSTRUMENTELOR TOPOGRAFICE

Un instrument topografic (teodoloit, teodoloit - tahimetru, nivelmetru) se consideră pus în stație , deci gata de măsurători, atunci când axa principală (verticală) VV' este perfect verticală şi trece prin punctul matematic de stație, marcat la sol (Fig. 29).

Puerea în stație a unui teodolit necesită efectuarea a două operațiuni principale: centrarea şi calarea.

Înaintea acestora, mai este necesară însă efectuarea următoarelor operațiuni pregătitoare:

- fixarea teodolitului pe platforma trepiedului prin intermediul şurubului pompă;
- agățarea firului cu plumb (dacă este necesar) de cârligul şurubului pompă;
- fixarea picioarelor trepiedului în preajma punctului topogafic)materializat printr-un țăruş, bornă, reper etc.), prin tatonări, astfel încât, vârful firului cu plumb să se situeze cât mai aproape de punct;
- calarea aproximativă a aparatului, prin înfigerea succesivă în sol, după caz, a saboților metalici şi picioarelor trepiedului şi urmărirea continuă a nivelei sfe-rice, până când bula de aer se va situa aproximativ în mijlocul reperului circular.

2.2.1. Centrarea teodolitului în puncul de stație

Această operațiune constă în aducerea centrului aparatului (axa principală de rotație VV') pe verticala punctului din teren *(Fig. 31)*.

Centrarea se poate realiza în două moduri: cu firul cu plumb sau cu dispozitive de centrare optică.

- Centrarea cu firul cu plumb

Firul cu plumb este o anexă a teodolitelor foarte simplă, compusă din trei părți: o sfoară de suspensie, un cap cu șurub și o greutate de cca 200 – 300 g, cu vârful în formă de con.

Centrarea cu firul cu plumb se poate aplica la orice tip de aparat topografic, inclusiv la cele moderne care posedă dispozitiv propriu de centrare optică.

Firul cu plumb se agață de cârligul șurubului pompă odată aflat în suspensie după stabilizarea sa, are proprietatea de a indica direcția verticalei locului.

După plasarea trepiedului cu teodolitul deasupra punctului de stație, inițial vârful firului cu plumb se va afla undeva în apropierea punctului (mijlocul țărușului sau bornei); ca urmare se va slăbi șurubul pompă și, cu ambele mâini, se va deplasa ușor suportul de bază cu restul aparatului, pe măsuța trepiedului, până când vârful firului cu plumb va ajunge deasupra puncului de stație *(Fig. 31)*, după care se va strânge definitiv șurubul pompă.

Centrarea cu firul cu plumb este foarte practică, se execută obișnuit cu o precizie de 3 – 5 mm, dar are dezavantajul că uneori este îngreunată de vânt.

Pentru a evita influența vântului se poate utiliza un ***baston de centrare***, care este format din două țevi coaxiale, telescopice, cea superioară fiind gradată în centimetri; la capătul superior dispune de un dispozitiv de prindere de tija șurubului pompă al trepiedului, iar pentru verticalizare, are atașată o nivelă sferică. Precizia centrării cu bastonul de centrare este mai mare, eroarea fiind între 1 - 2 mm.

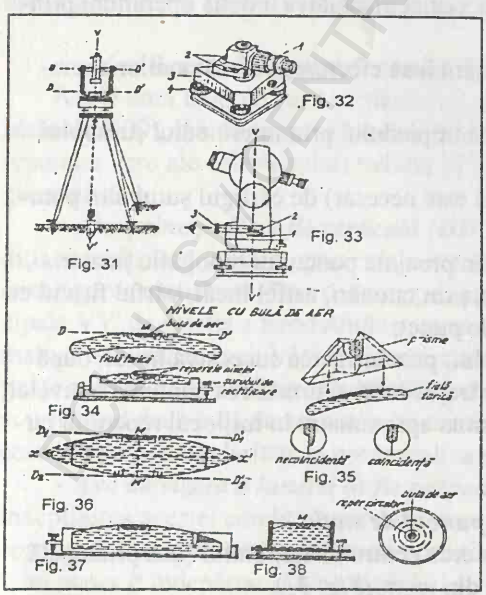


Fig. 31 – Centrarea cu firul cu plumb
Fig. 32 – Dispozitiv independent pentru centrare optica (fir cu plumb optic) :

1. Lunetă
2. Nivele torice
3. Suport de bază
4. Șuruburi de calare

Fig. 33 – Dispozitiv de centrare optică încorporat în construcția teodolitului
NIVELE CU BULĂ DE AER
Fig. 34 – Nivelă torică
Fig. 35 – Nivelă cu coincidență

- **I – Necoincidență;**
- **II - Coincidență**

Fig. 36 – Nivelă butoiaș (dublă)
Fig. 37 – Nivelă cu cameră de compensare
Fig. 38 – Nivelă sferică

- **Centrarea optică**

Această operațiune necesită uilizarea unui dispozitiv optic special, care, în esență, este alcătuit dintr-un obiectiv, o prismă triunghiulară, un reticul și un ocu-lar. Dispozitivele de centrare optică sunt de două feluri: independente (anexe le teodolitelor) sau montate, prin construcție, direct în aparate (la cele moder-ne) și ele mai sunt denumite *« fire cu plumb optice »*. Ca urmare, centrarea optică se poate executa în două moduri, în funcție de tipul instrumentului topografic: cu dispozitiv optic independent pentru instrumentele vechi și dispozitivul propriu de centratre optică la aparatele moderne.

- ***Centrarea optică cu dispozitiv independent*** (Fig. 32). În cazul unui teodolit de tip vechi, după instalarea sa pe trepied deasupra punctului de stație, se scoate arborele principal din locașul suportului de bază și se introduce în loc dispozitivul optic independent, care este alcătuit în principal dintr-o mică ***lunetă frântă*** cu o prismă de reflexie totală de 100^g, ce poate fi dirijată cu un șurub pentru reflexie în jos sau în sus, un reticul, un ocular și două nivele torice perpendiculare între ele. Înaintea centrării optice, trebuie efectuată însă calarea dispozitivului și deci și a ambazei, cu ajutorul celor trei șuruburi de calare și al celor două nivele torice. După calare, privind inițial prin ocular, imaginea punctului de stație se va vedea undeva în câmpul reticulului; ca urmare, slăbind șurubul pompă al trepiedului, suportul de bază se va deplasa ușor pe măsuța trepiedului, până când punctul de stație sa va vedea în centrul reticulului, după care se va strânge definitiv șurubul pompă. Apoi se scoate dispozitivul optic din suportul de bază și se reintroduce în loc arborele principal al teodolitului, care se consideră gata centrat pe punctul de stație. Această operațiune mai este denumită ***centrare forțată*** și ea asigură o precizie de centrare foarte ridicată, de cca 100.000 (însemnând o abatere de la verticală doar de 1mm la distanța de 100m).

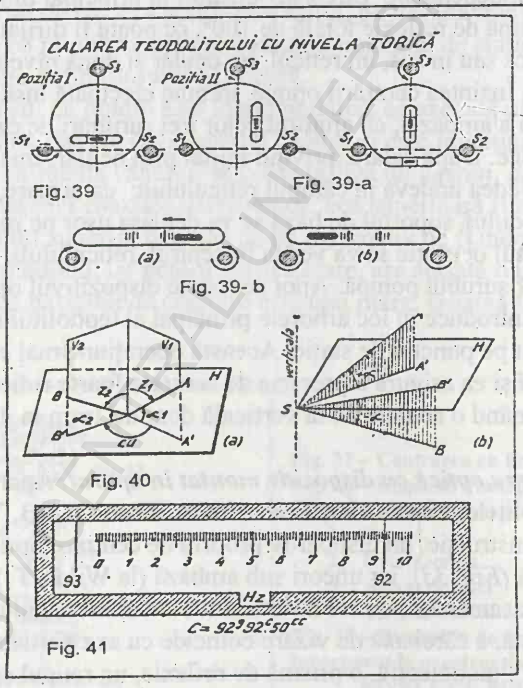
- ***Centrarea optică cu dispozitiv montat în aparat.*** Aparatele moderne (cum sunt teodolitele Theo - 020, Theo - 020A, Theo - 020B, Theo - 010A ș.a.) pose-dă, prin construcție, un dispozitiv propriu de centrare optică, montat de obicei în alidadă *(Fig. 33),* iar uneori sub ambază (la Wild - T_2).Un astfel de dispozitiv es-te asemănător cu cel descris anterior, fiind compus din *(Fig. 33)* o mică lunetă frântă, a cărei axă de vizare coincide cu axa verticală de rotație a teodolitului VV', un obiectiv, o prismă de reflexie, un reticul și un ocular. Prisma proiectează imginea punctului de stație la 100^g. În vederea efectuării centrării optice cu acest dispozitiv, se execută mai întâi calarea exactă a teodolitului cu nivela torică și se acționează ocularul dispozitivului până când trăsăturile reticulare (în formă de cerc mic sau cruce) se văd clare. Inițial, punctul de stație se va vedea lateral față de centrul reticular. Ca urmare, se va slăbi șurubul pompă și se va deplasa teodolitul ușor pe platforma trepiedului, până când punctul de stație se va vedea în mijlocul reticulului, după care se strânge definitiv șurubul pompă al trepiedului.

Centrarea optică cu astfel de dspozitive se execută mai ales când este timp cu vânt şi îndeosebi când se cere o precizie sporită la centrarea teodolitului. Dispozitivul asigură o precizie a centrării teodolitului de cca 0,5 mm.

În concluzie, în cazul aplicării centrării cu fir cu plumb, mai întâi se execută centrarea şi apoi calarea aparatului, iar în cazul centrării optice, ordinea operaţiunilor este inversă.

2.2.2. Calarea instrumentelor topografice

Calarea unui instrument topografic înseamnă a orizontaliza cercul gradat orizontal (limbul) şi, implicit, a verticaliza axa verticală VV′ de rotaţie a instrumentului. Operaţiunea se execută cu ajutorul celor trei şuruburi de calare ale suportului de bază (poziţia 3, în *Fig. 27*, sau 4 în *Fig. 29* şi *Fig. 32*) şi al nivelelor cu bulă de aer.



CALAREA TEODOLITULUI CU NIVELA TORICĂ

Poziţia I Poziţia II

Fig.39- Calarea cu o nivelă torică Fig. 39-a – Calarea cu două nivele

Fig. 39-b – Sensul răsucirii şuruburilor de calare

Fig. 40 – Unghiuri măsurate în teren

$C = 92^g\,92^c\,50^{cc}$ (precizia scăriţei: $P = 1^c$)

Fig. 41 – Citirea diviziunilor cercului gradat orizontal, cu scăriţa, la tahimetrul Theo – 020A, Zeiss

2.2.2.1. Nivelele teodolitului

Nivelele cu bulă de aer cu care sunt înzestrate teodolitele sunt de mai multe feluri: torice, cu coincidență, butoiaș (sau dublă), cu cameră de compensare și sferice. Ele sunt dispozitive care servesc la orizontalizarea și verticalizarea unor drepte sau planuri, cât și la măsurarea unghiurilor de pantă mai mici.

În vederea calării limbului, teodolitele sunt înzestrate, obișnuit, fie cu două nivele torice în poziție perpendiculară, fie cu o nivelă torică și una sferică, montate deasupra cercului alidad.

Nivela torică (Fig. 34) este una din tipurile de nivele utilizate pentru calarea exactă a teodolitului. Ea este formată dintr-o fiolă de sticlă având forma unui sector de tor cu rază mare, închisă ermetic și umplută cu un lichid foarte fluid care îngheață la temperaturi foarte scăzute (eter, alcool) și având un mic gol, impropriu denumit bulă de aer, fiind formată de fapt din vaporii saturați ai lichidului respectiv. Fiola este fixată pe un suport neted într-o montură metalică protectoare, având un capăt prevăzut cu un șurub de rectificare.

Nivela torică se consideră calată când bula de aer ocupă partea superioară a fiolei, mijlocul ei coincide cu centrul fiolei (punctul M), iar tangenta în M la suprafața convexă a fiolei devine orizontală. Această tangentă (**DD'**) este denumită ***directricea nivelei torice***. Pe partea superioară a fiolei, simetric față de centrul M, sunt gravate diviziuni din 2 în 2 mm, două din ele fiind mai îngroșate și denumite ***reperele nivelei***. Distanța dintre aceste repere este aproximativ egală cu lungimea bulei de aer, care are forma alungită.

Teoria nivelei arată că, pentru aceeași nivelă, unghiul de înclinare a fiolei este direct proporțional cu mărimea deplasării bulei de aer.

Unghiul de înclinare a fiolei corespunzător unei deplasări a bulei de aer egală cu o gradație de 2 mm reprezintă ***sensibilitatea nivelei.*** În cazul nivelelor cu rază mare de curbură, cu cât unghiul de înclinare este mai mic, sensibilitatea nivelei este mai mare.

În practică, nivela torică se consideră calată când bula de aer se află între repere.

Nivela cu coincidență (Fig. 35) este tot o nivelă torică, dar fără repere, diviziuni pe fiolă, având în schimb un sistem de prisme așezate deasupra nivelei și care arată față în față cele două capete ale bulei de aer. Când nivela nu este calată, cele două capete ale bulei de aer sunt în necoincidență, aflându-se la o mică distanță între ele,]n lungulu unei linii verticale imaginare de separație. Când cele două capete ale bulei de aer ajung în coincidență, înseamnă că bula de aer se află între repere, directricea DD' este orizontală și deci nivela este calată. Precizia aducerii bulei de aer între repere este de cca 5 – 10 ori mai mare decât la nivela torică obișnuită. Ca urmare, acest tip de nivelă se utilizează mai ales pentru cercul vertical al teodolitelor și la instrumentele de nivelment geometric (ex. **nivelmetrul „Ni - 030"**, Zeiss), pentru orizontalizarea axei de vizare a lunetei.

Nivela torică cu dublă curbură (Fig. 36) este construită în formă de butoiaş, de unde şi numele de ***nivelă butoiaş***. Această nivelă este construită din două jumătăţi de fiole torice alipite cu curbura în poziţie inversă, astfel încât are două puncte mijlocii M şi M′ şi două diectrice D_1D_1' şi D_2D_2', care sunt paralele şi simetrice faţă de axa xx′. Având două directrice, cu această nivelă se poate verifica orizontalitatea unei linii cu ambele ei poziţii - normală şi răsucită sau răsturnată cu 200^g. De aici şi numele de nivelă dublă sau reversibilă. Ea se întâlneşte la instrumentele de nivelment geometric, deoaece se poate roti în jurul axei lunetei.

Nivela cu cameră de compensare (Fig. 37) este o nivelă torică cu bula de aer reglabilă. Variaţiile de temperatură determină dilatarea şi contractarea lichidului din fiolă, încât bula devine mai scurtă vara şi mai lungă iarna. Reglarea lungimii bulei de aer se ralizează cu o camereră de compensaţie situată la unul din capete. Acest tip de nivelă se utilizează pentru insumente de mare prcizie.

Nivela sferică (Fig. 38) este confecţionată dintr-un recipient de sticlă cilindric, având partea superioară în formă de calotă sferică, cu raza de curbură de 0,5 – 2 m. Cutia sa metalică este montată pe un suport, având şi trei şuruburi de rectificare. Pe partea superioară, în jurul punctului central M sunt gravat unul sau mai multe repere circulare la intervale de 2 mm. Bula de aer are forma circulară şi diametrul său este mai mic cu 1-2 mm faţă de cel al cerculeţului reper. Nivela are poziţie normală, deci este calată, când bula de aer se află în in-teriorul cerculeţului reper. Aces tip de nivelă este mult utilizată pentru calarea aproximativă, preliminară a aparatului, la orizontalizarea planşetei topografice, la verticalizarea mirei topografice sau a bastonului de centrare, ea fiind prezentă şi la bordul avioanelor ce execută zboruri de aerofotografiere, pentru a indica în orice moment valoarea abaterii în grade a axei camerei fotoaeriene faţă de verticală.

Calarea teodolitului în punctul de staţie

Calarea oricărui instrument topografic se execută în două etape: calarea preliminară (aproximativă) şi definitivă (exactă).

- ***Calarea preliminară (aproximativă)*** se execută cu nivela sferică, după centrarea aparatului, acţionând cele trei şuruburi de calare ale ambazei până când bula de aer ajunge în interiorul reperului circular.
- ***Calarea definitivă (exactă)***

Această operaţiune de mare importanţă, ce constă în orizontalizarea cercului gradat (limbul) se execută, pentru teodolit, cu ajutorul nivelei torice. În funcţie de dotarea teodolitului cu una sau cu două nivele torice, calarea se execută în două moduri:

2.2.2.2. ***Calarea cu o singură nivelă torică*** se execută în două faze *(Fig.39):*

în **faza I**, se roteşte teodolitul în jurul axei principale VV', până când nivela torică ajunge într-o poziţie paralelă cu linia imaginară ce uneşte două din şuruburile de calare S_1 ;i S_2; se apucă cele două şuruburi de calare cu ambele mâini şi se răsucesc simultan şi în sens invers până când bula de aer se va stabiliza între reperele nivelei; în **faza II** , se roteşte teodolitul până când nivela va ajunge într-o poziţie perpendiculară pe prima poziţie, după care, se răsuceşte, cu mâna dreaptă, numai cel de-al treilea şurub de calare S_3, până când bula de aer va ajunge, şi în această poziţie, între repere. Operaţiunea se repetă, prin tatonare, până când, în orice poziţie, bula de aer rămâne între repere. În acel moment, directricea DD' a nivelei torice este orizontală *(Fig. 31),* ceea ce arată că planul cercului gradat este orizontal şi implicit axa principală VV' a teodolitului este verticală. ***Pentru control***, nivela se aduce într-o poziţie paralelă cu prima, dar schimbată cu 200^g; dacă bula de aer nu rămâne între repere înseamnă că axa verticală nu este verticală, iar nivela trebuie rectificată.

- Calarea cu două nivele torice (Fig. 39-a)

In cazul când teodolitul posedă, deasupra cercului alidad, două nivele torice, de obicei acestea sunt montate în poziţii perpendiculare între ele; ca urmare, se roteşete teodolitul până când nivela torică laterală va ajunge paralelă cu direcţia a două din şuruburile de calare, de exemplu $S_1 - S_2$, în timp ce a doua nivelă se va situa pe o direcţie perpendiculară pe care se află şi cel de-al treilea şurub de calare S_3. În faza I, se vor răsuci simultan şi în sens invers şuruburile de calare S_1 şi S_2 până când se va realiza calarea primei nivele, iar în faza II, se va acţiona numai şurubul de calare S_3 pentru calarea celei de-a doua nivele.

Sensul răsucirii şuruburilor de calare este indicat de degetul arătător de la mâna dreaptă:

- pentru deplasarea bulei de aer de la dreapta la stânga *(Fig. 39 – b)* se vor răsuci simultan ambele şuruburi de calare din interior spre exterior;
- pentru deplasarea bulei de aer de la stânga la dreapta *(Fig. 39 –b)* trebuie răsucite simultan ambele şuruburi de calare din exterior spre interior.

BCU IASI / COPYRIGHT

Lucrarea practică nr. 3

3.1. MĂSURAREA UNGHIURILOR ÎN TOPOGRAFIE

3.1.1. *Probleme generale*

În topografie, se măsoară două categorii de unghiuri: orizontale şi verticale. Ambele categorii de unghiuri sunt formate între direcţiile date de puncte topografice marcate şi semnalizate în teren..

Fie trei puncte **S, A** şi **B** *(Fig. 40 -a);* poziţia punctului **S** se află la intersecţia planelor verticale V_1 şi V_2 cu planul orizontal (**H**), punctul **A** se află în pla-nul vertical V_1, iar punctul **B** în planul vertical V_2.

Liniile înclinate SA şi SB sunt denumite ***linii de pantă***, iar proiecţiile lor pe planul orizontal – liniile SA′ şi SB′ sunt denumite ***direcţii.***

Planul vertical ce include cel puţin două puncte topografice (punctele S şi A în planul V_1 şi punctele S şi B în planul V_2) se numeşte ***plan de direcţie*** sau ***de viză.***

În fiecare din cele două plane verticale intră câte o linie de pantă şi câte o direcţie.

Unghiul orizontal ***(ω)*** este unghiul format între linia de pantă sau linia de viză (de observare a unui punct din altul, linie situată la o înălţime oarecare deasupra liniei de pantă, dar în acelaşi plan vertical) şi o linie orizontală sau verticală. Aşadar, sunt două categorii de unghiuri verticale:

- unghiul vertical măsurat ponind de la linia orizontală, care este denumit ***unghi de înclinare*** sau ***unghi de pantă*** (α_1, α_2);
- unghiul vertical măsurat plecând de la linia verticală şi denumit ***unghi zenital*** (Z_1, Z_2).

Unghiul de pantă **(α)** pe care îl face o viză oarecare cu orizontala se obţine direct în planul vertical respectiv. Acest unghi este ***pozitiv*** *(Fig. 40 – b)* când un punct vizat A se află deasupra planului orizontal (H) şi ***negativ,*** atunci când un punct vizat B se află dedesubtul planului orizontal care trece prin punctul de staţie S.

Instrumentele topografice utilizate la măsurarea unghiurilor în teren sunt denumite ***goniometre***, iar cele care asigură precizia cea mai înaltă sunt teodolitele propriu - zise şi teodolitele-tahimetrice.

Unghiurile orizontale se măsoară prin citiri la cercul gradat orizontal (limbul), iar unghiurile verticale prin citiri la cercul gradat vertical al teodolitului, cu ajutorul unor ***dispozitive de citire***, care sunt de diferite tipuri şi care asigură precizii diferite: *mecanice* (vernierul), *optice* (microscop cu reper, microscop cu scăriţă, microscop cu micromeru optic cu coincidenţă) şi *cu înregistrare fotografică a citirilor* (la teodolite de înaltă precizie).

3.1.2. *Folosirea microscopului cu scăriță.*

Microscopul cu scăriță este unul din dispozitivele optice cu care sunt înzestrate instrumentele moderne. Ele sunt integrate în corpul aparatelor şi permit efectuarea centralizată a citirilor pe cercul gradat orizontal şi pe cel vertical. Cu un astfel de microscop sunt înzestrate teodolitele-tahimetre Zeiss Theo-020, Theo-020 A, Theo-020 B, Theo-030 ş.a., dar şi nivelmetrele moderne (cum sunt Ni-030 (Zeiss), Ni-B3 (MOM) – Ungaria etc.).

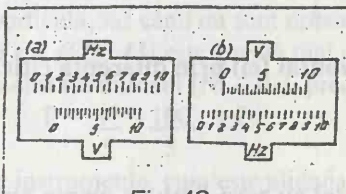


Fig. 42

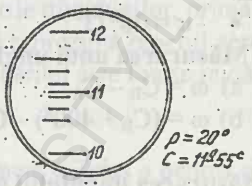


Fig. 43

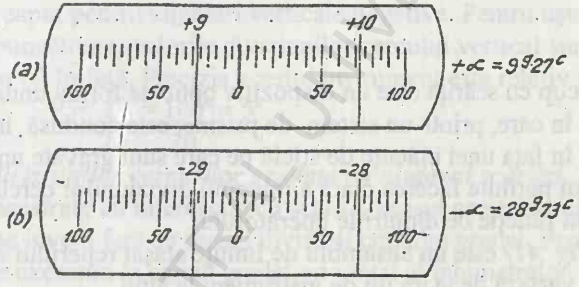


Fig. 44

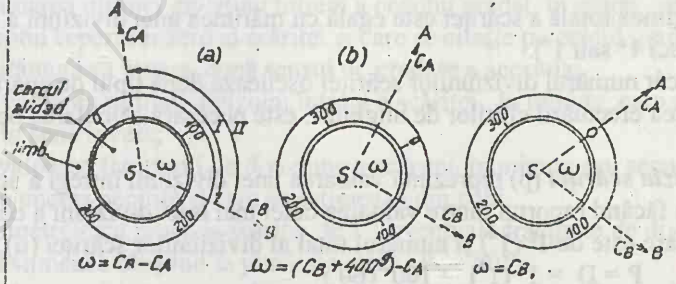


Fig. 45

Fig. 46

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITAR

Fig. 42 – Poziția scărițelor la tahimetrele Zeiss: Theo-030(a) și Theo-020A(b)
a) Hz = orizontal
b) V = vertical

Fig.43 – Microscopul cu scăriță al nivelmetrului Ni –B3 (M.O.M.)
- $p = 20^c$
- $C = 11^g55^c$

Fig.44 – Citirea unghiului vertical la microscopul cu scăriță al alidadei cu lunetă – Zeiss
- $+\alpha = 9^g27^c$
- $-\alpha = 28^g73^c$

Fig,45 – Măsurarea unui unghi orizontal (ω) prin diferența citirilor
a) $\omega = C_B - C_A$
b) $\omega = (C_B + 400^g) - C_A$

Fig.46-Măsurarea unghiului orizontal cu zero-limb pe prima viză : $\omega = C_B$

Un micoscop cu scăriță este un dispozitiv optic de forma unui tub, prevăzut cu un ocular și în care, printr-un sistem de prisme, este condusă imaginea cercurilor gradate în fața unei plăcuțe de sticlă pe care sunt gravate una sau două scărițe. Ocularul permite facerea clară a imaginii diviziunilor cercurilor gradate și ale scăriței, în funcție de dioptriile operatorului.

Scărița *(Fig. 41)* este un ansamblu de liniuțe ataşat reperului zero alidad și al căror număr variază de la un tip de instrument la altul.

La instrumentele moderne cu microscop cu scăriță, cercul gradat este împărțit doar în diviziuni egale de 1^g (1°), iar gradul nu mai este subîmpărțit, ca la instrumetele clasice cu verniere.

Lungimea totală a scăriței este egală cu mărimea unei diviziuni a cercului gradat (deci 1^g sau 1°).

Întrucât numărul diviziunilor scăriței oscilează după tipul de aparat topografic, înaintea efectuării citirilor de unghiuri, este necesară calcularea peciziei scăriței.

Precizia scăriței (p) reprezintă valoarea unei diviziuni întregi a acesteia și ea rezultă făcând raportul dintre valoarea celei mai mici diviziuni a cercului gradat (D), care este de 1^g (1°) și numărul total al diviziunilor scăriței (n), deci

$$P = \frac{D}{n} = \frac{1^g\ (1^o)}{n} = \frac{100^c\ (60')}{n}$$

Pentru tahimetre (ex. Theo—020, Theo-020A, Theo-020B, Theo-030,Redta, de la firma Zeiss-Jena ș.a.) precizia scărițelor ese cunoscută dinainte, fiind egală, de regulă cu 1^c (1′), întrucât ele posedă 100 diviziuni și deci *(Fig. 41):*

$$P = \frac{1^g}{100} = \frac{100^c}{100} = 1^c$$

La tahimetre, în microscop, se văd două ecrane *(Fig. 42)*, câte unul pentru fiecare din cele două cercuri gradate, având fiecare câte o scăriță proprie gravată pe orizontală, poziția lor diferind de la un grup de instrumente la altul. Astfel, la instrumentele firmei Zeiss - Jena este notat « H_z » pentru scărița de măsurare a unghiurilor orizontale și "V » pentru măsurarea unghiurilor verticale.

La unele instrumente, cum sunt nivelmetrele (ex. Ni – B_3), scărița este gravată pe verticală, iar când nu sunt notate valorile diviziunilor, prima diviziune de *sus (Fig. 43)* este gavată mai gros și reprezintă reperul zero al scării. La acest instrument (Ni – B_3), precizia scării este foarte mică:

$$P = \frac{1^g}{5} = \frac{100^c}{5} = 20^c$$

La alte instrumente, cum este alidada cu lunetă « Zeiss » pentru ridicările cu planșeta topografică, în microscop apar gravate două scărițe *(Fig. 44)* având un reper zero comun: o scăriță spre stânga pentru unghiuri verticale pozitive și o scăriță spre dreapta pentru unghiuri verticale negative. Pentru ușurarea utilizării scării corespunzătoare, valorile diviziunilor cercului vertical sunt notate cu semnul (+) sau (-) în față. Precizia acestui instrument este relativ mare (de 5°),

$$P = \frac{1^g}{20} = \frac{100^c}{20} = 5^c$$

Citirea diviziunilor cercurilor gradate cu ajutorul scării. La toate instrumentele înzestrate cu microscop cu scăriță, sensul creșterii valorilor diviziunilor scării se invers față de sensul divizării cercului gradat. Pentru efectuarea undei citiri, de exemplu la cercul gradat orizontal al tahimetrelor, se observă mai întâi sensul gradării acestuia.

O citire cu ajutorul scării se compune din trei părți: $C = P_1 + P_2 + P_3$, în care:

P_1 = valoarea ultimei diviziuni întregi a cecului gradat, în grade, care apare până în dreptul reperului zero al scării și care se citește pe cercul gradat, de la dreapta la stânga sau invers, după sensul de gradare a acestuia;

P_2 = valoarea ultimei diviziuni întregi a scării, în minute, care se citește pe scăriță, în sens invers;

P_3 = valoarea fracțiunii de diviziune a scării, în minute sau secunde, care mai rămâne uneori necitită și care se estimează din ochi.

La tahimetrele cu precizia scării de 1 ^{c}, eventuala fracțiune de divizune a scării se estimează obișnuit la jumătate, deci $P_3 = 50^{cc}$.

La efectuarea citirilor se are în vedere că, de obicei, reperul zero al scării se află între două diviziuni întregi ale cercului gradat, din care se citește valoarea mai mică.

Exemplul 1: În *Fig. 41*, se arată imaginea ecranului cu scărița pentru cercul orizontal al tahimetrului Zeiss – Theo 020A;

precizia fiind de 1^c, citirile parțiale sunt: $P_1 = 92^g$; $P_2 = 92^c$; $P_3 = 50^{cc}$, de unde rezultă citirea totală $C = 92^g\ 92^c\ 50^{cc}$.

Exemplul 2: O citire la microscopul cu scăriță al **nivelmetrului Ni – B_3,** având precizia de 20^c *(Fig. 43)* se efectuează pe verticală astfel: reperul zero al scăriței se află între diviziunile cercului gradat de 11^g și 12^g, deci $P_1 = 11^g$, citit de jos în sus; apoi se citește pe scăriță, de sus în jos, valoarea $P_2 = 2 \cdot 20^c = 40^c$ și se estimează fracțiunea rămasă necitită $P_3 = 15^c$, de unde rezultă $C = 11^g + (40^c + 15^c) = 11^g 55^c$.

Exemplul 3: În microscopul cu scăriță al **Lunetei cu alidadă – Zeiss** *(Fig.44)*, având o precizie de 5^c, se citesc direct valoarea unghiului vertical pozitiv, cu scărița din stânga, sau valoarea unui unghi vertical negativ, cu scărița din dreapta:

- unghiul vertical pozitiv *(Fig. 44-a)* $\alpha = 9^g + 25^c + 2^c = 9^g\ 27^c$
- unghiul vertical negativ *(Fig. 44-b)* $\alpha = 28^g + 70^c + 3^c = 28^g\ 73^c$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lucrarea practică nr. 4

4.1. METODELE DE MĂSURARE A UNGHIURILOR ORIZONTALE

Pentru măsurarea unghiurilor orizonale trebuie efectuate citiri la cercul gradat orizontal, în dreptul reperului zero alidad. În timpul măsurătorilor, limbul rămâne fix iar cercul alidad, cu reperul zero pe direcția axei de vizare a lunetei se rotește odată cu aceasta.

După punerea în stație a teodolitului, măsurarea unui unghi se efectuează în mai multe etape: vizarea, punerea la punct a imaginii, punctarea și citirea diviziunilor pe limb.

Metodele de măsurare a unghiurilor orizontale se aleg în funcție de scopul și precizia cerută. În general, măsurarea unghiurilor orizontale se realizează prin ***metodele:*** simplă, a repetiției și a reiterației. Metoda de măsurare se alege și după cum se cere măsurarea unor unghiuri izolate sau a mai multor unghiuri dintr-un punct de stație, sau după cum se va face numai una sau mai multe măsurători.

4.1.1.*Metoda simplă*

Constă în a măsura un unghi izolat sau mai multor unghiuri dintr-un punct de stație o singură dată. Metoda se aplică prin următoarele procedee: prin diferența citirilor, cu zerourile în coincidență și prin diferența orientărilor.

- Procedeul prin diferența citirilor este un procedeu general ce se poate aplica cu orice instrument de măsurare a unghiurilor, inclusiv cele care nu posedă mișcare generală.

Astfel, pentru a deteremina un unghi ASB = ω, prin diferența citirillor *(Fig. 45),* se staționează cu teodolitul în stația S, cu cercul gradat orizontal având diviziunea zero la întâmplare;

- se aduce luneta în poziția I;
- se blochează mișcarea generală;
- se deblochează mișcarea azimutală (înregistratoare);
- se vizează punctul A;
- se citește la limb valoarea C_A;
- apoi, în sens direct orar (sau topografic), se vizează punctul B;
- se citește valoarea C_B.

Unghiul ω va rezulta din diferența citirilor conform relației:

$$\omega = C_B - C_A$$

deci, scăzând citirea din stânga (C_A) din citirea din dreapta (C_B) care, de obicei, este mai mare ca valoare *(Fig. 45 – a).*

Exemplu: s-au obținut $C_A = 38^g\,56^c\,00^{cc}$ și $C_B = 162^g\,68^c\,50^{cc}$, de unde rezultă $\omega = 162^g\,68^c\,50^{cc} - 38^g\,56^c\,00^{cc} = 124^g\,12^c\,50^{cc}$.

Atunci când totuşi citirea din dreapta este mai mică, i se adaugă valoarea unui cerc întreg (400^g) după care se efectuează diferenţa conform relaţiei:

$$\omega = (C_B + 400^g) - C_A$$

Exemplu (Fig. 45 – b): dacă s-au obţinut $C_A = 344^g\ 35^c\ 50^{cc}$ şi $C_B = 58^g\ 87^c 50^{cc}$, rezultă că $\omega = 458^g\ 87^c\ 50^{cc} - 344^g\ 35^c 50^{cc} = 114^g\ 52^c\ 00^{cc}$.

Aşadar, ceea ce se citeşte pentru o direcţie sau alta vizată în teren este o simplă citire la cercul gradat; pentru măsurarea unui unghi sunt necesare două vize şi două citiri din acelaşi punct de staţie.

Pentru control şi obţinerea unei valori mai bune a unghiului, acesta se măsoară şi cu luneta în poziţia a II (sau peste cap);

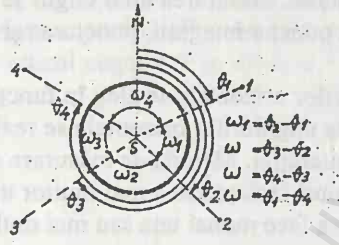


Fig. 47

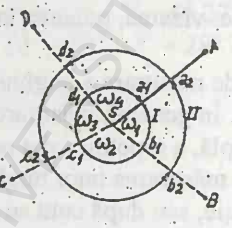


Fig. 48

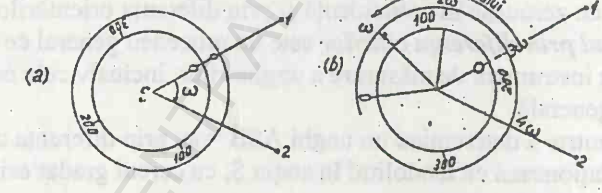


Fig. 49

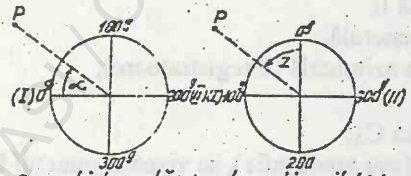


Fig. 50

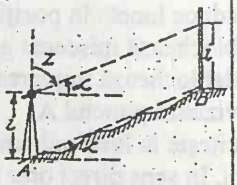


Fig. 51

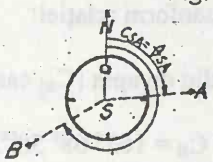


Fig. 52

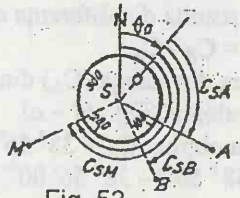


Fig. 53

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig.47 – Măsurarea unghiurilor orizontale prin diferența citirilor
Fig.48- Măsurarea unghiurilor orizontale în tur de orizont
Fig,49 – Măsurarea unghiului orizontal prin metoda repetiție
Fig.50 – Unghiuri verticale:
a) unghi de pantă (α)
b) unghi zenital (Z)
Fig.51 – Măsurarea în teren a unghiurilor verticale
Fig.52 – Măsurarea orientărilor cu un teodolit orientat
Fig.53 – Modul de lucru dezorientat

---

pentru aceasta, se rotește luneta cu 200^g în plan orizontal și cu 200^g în plan vertical; se vizează mai întâi punctul B ; se citește valoarea C_B, apoi rotind luneta în sens trigonometric se vizează punctul A și se citește valoarea C_A. Ambele valori citite vor diferi de primele cu 200^g; se obține mai întâi media citirilor – făcând abstracție de 200^g și apoi diferența acestor medii. În acest fel, la măsurarea unghiurilor orizontale se elimină unele erori de măsurare.

- ***Procedeul cu zerourile în coincidență cu prima viză*** se poate aplica numai cu instrumentele ce au și mișcare generală și el reprezintă un caz particular al procedeului prin diferența citirilor. Măsurarea prin acest peocedeu se efectuează în următoarele etape *(Fig. 46)* :

- se instalează instrumentul în stația S;
- se blochează mișcarea generală;
- se eliberează mișcarea azimutală;
- se aduce reperul zero al scării (zero alidad) în dreptul diviziunii zero a cercului gradat;
- se blochează mișcarea azimutală;
- se eliberează mișcarea generală;
- se vizează spre punctul A;
- se blochează mișcarea generală, cercul gradat rămânând astfel blocat cu zero pe prima direcție vizată (SA);
- sae eliberează mișcarea azimutală, se vizează direcția SB și se citește valoarea C_B, care reprezintă tocmai unghiul ω, deci

$$\omega = C_B$$

- ***Procedeul prin diferența orientărilor***

Acest procedeu se poate utiliza cu instrumente ce posedă sau la care se poate atașa o busolă, cu ajutorul căreia se determină orientările laturilor unghiurilor (vizelor)față de direcția N_M (*nord magnetic*).În tabelul de mai jos (*Tabelul nr. 6)* se arată un exemplu numeric cuprinzând datele măsurării prin acest procedeu a mai multor unghiuri dintr-un punct de stație S (Fig. 47):

Tabelul nr. 6 – Măsurarea unghiurilor orizontale prin diferența orientărilor:

Puncte de stație	Puncte vizate	Orientări citite în (g. c. cc.)	Simbol	Unghiuri orizontale (g. c. cc.)
1	2	3	4	5
8	1	82. 43. 50	ω_1	59. 44. 50
	2	141. 88. 00	ω_2	108. 80.50
	3	250. 68. 50	ω_3	86. 06.00
	4	330. 74. 50	ω_4	145. 69. 00

- Măsurarea mai multor unghiuri în tur de orizont

Dintr-un punct de stație (S) se pot măsura mai multe unghiuri în tur de orizont, procedeu care se practică frecvent, mai ales când se utilizează metoda de ridicare planimetrică a radierii. }n acest caz *(Fig. 48),* calcularea unghiurilor se poate efectua prin diferența citirilor.

Astfel, staționând cu un teodolit în stația S *(Fig. 48),* se alege o viză de referință, de plecare, un semnal care se vede mai bine, în general pe direcția nord, de exemplu semnalul A. Cu luneta în poziția I se vizează semnalul A și se notează într-un tabel citirea a_1 la limb, care este fix; apoi se vizează succesiv în tur de orizont și în sens topografic, punctele următoare B, C și D, notând citirile b_1, c_1, d_1 și din nou pe punctul A, pentru control, realizându-se închiderea turului de orizont și obținând citirea a'_1.

Pentru a realiza o precizie sporită și a diminua unele erori, se efectuează măsurarea unghiurilor și cu luneta în poziția a II. Al doilea tur de orizont se efectuează însă în sens invers primului tur, viza de plecare fiind aceeași, pe direcția SA; se vizează apoi succesiv punctele D, C,B și din nou, pentru închidere, semnalul A, notând în tabel, însă de jos în sus, citirile a_2, d_2, c_2, b_2 și a'_2.

Se calculează apoi citirile medii între cele două poziții ale lunetei.,

Făcând diferența între citirea finală (la închiderea turului) de orizont și citirea inițială (la pornire) pe viza de origine SA, se calculează eroarea unghiulară de închidere a turului de porizont ($\pm e_u$):

$$\pm e_u = C_{SA} \text{ finală} - C_{SA} \text{ inițială},$$ în care

C_{SA} inițială = citirea inițială a turului de orizont

C_{SA} finală = citirea finală a turului de orizont

Eroarea unghiulară de închidere a turului de orizont nu trebuie să depășească toleranța dată de relația

$$T_u = p \cdot \sqrt{n}$$

în care:

p = precizia de măsurare a unghiurilor (precizia teodolitului);

n = numărul vizelor din turul de orizont.

Dacă eroarea de închidere sae încadrează în toleranță, deci dacă $e_u \leq T_u$, atunci se procedează la ***compensarea turului de orizont***, adică egalizarea vizei de închidere cu viza de plecare prin corectarea tuturor unghiurilor, adăugând în progresie aritmetică şi cu semnul contrar, valoarea $\pm e_u$. Corectarea se efectuează începând cu viza a doua a turului de orizont, deci pe direcția S_1, astfel:

- se calculează corecția unitară K_u; de exemplu, $K_u = \frac{\pm e_u}{n}$

- se aplică corecțiile parțiaşle citirilor, svcăyând în progresie nvaloarea K_u din citirile medii şi obținând citirile compensate (C'):

$C'_{SA} = C_{SA} + 0$
$C'_{S1} = C_{S!} + K_u$
$C'_{S2} = C_{S2} + 2K_n$
$C'_{S3} = C_{S3} + 3K_n$
-
-
$C'_{Sn} = C_{Sn} + n.K_n$

Exemplu numeric: staționând cu teodolitul în stația S *(Fig. 48),* s-a ales ca viză de plecare, viza pe un semnal A; după citirea inițială pe direcția SA, s-a efectuat turul de orizont cu luneta în poziția I, vizând auccesiv punctele B, C, D şi din nou pentru închidere semnalul A; apoi s-a efectuat turul de orizont şi în sens invers, cu luneta în poziția a II toate citirile fiind trecute în tabelul nr. 7.

Tabelul nr. 7 – Măsurarea unghiurilor în tur de orizont

Pct. sta-ție	Pct. viz.	Citiri: Poziția I a lunetei (g.c.cc)	Citiri: Poziția II (g.c.cc)	Media citirilor (g.c.cc)	Corecț (K / cc)	Citiri medii compensate (C' / g.c.cc)	Unghiuri orizont. (g.c.cc)
1	2	3	4	5	6	7	8
	A	63.54.84	263.54.74	63.54.79	-	63.54.79	-
	B	162.45.76	362.45.70	162.45.73	+1	162.45.74	98.90.95
S	C	251.24.62	51.24.68	251.24.65	+2	251.24.67	68.78.93
	D	358.64.20	158.64.32	358.64.26	+3	358.64.29	107.39.62
	A	63.54.72	263.54.78	63.54.75	+4	63.54.75	104.90.50
						TOTAL =	400.00.00

Eroarea unghiulară de închidere a turului de orizont:

$e_u = C_{SA}$ finală - C_{SA} inițială

$e_u = 63^g\,54^c\,75^{cc} - 63^g\,54^c\,79^{cc} = -0^g\,00^c\,04^{cc}$ deci $e_u = -4^{cc}$

Toleranțe:

$T_u = p \cdot \sqrt{n}$, în care $p = 2^{cc}$ şi $n = 4$, deci $T_u = 2^{cc} \cdot \sqrt{4} = 4^{cc}$ şi ca urmare $e_u = T_u$

Corecția unitară:

$K_u = \frac{-e_{tt}}{n} = \frac{+4^{cc}}{4} = +1^{cc}$

Compensarea ciitirilor medii:

$C'_{SB} = C_{SB} + 1^{cc} = 162^g45^c73^{cc} + 1^{cc} = 162^g45^c74^{cc}$

$C'_{SC} = C_{SC} + 2^{cc} = 251^g24^c65^{cc} + 2^{cc} = 251^g24^c67^{cc}$

$C'_{SD} = C_{SD} + 3^{cc} = 358^g64^c26^{cc} + 3^{cc} = 358^g64^c29^{cc}$

$C'_{SA} = C_{SA} + 4^{cc} = 63^g54^c75^{cc} + 4^{cc} = 63^g54^c79^{cc}$

Calculul unghiurilor orizontale:

$\omega_1 = C'_{SB} - C'_{SA} = 162^g45^c74^{cc} - 63^g54^c79^{cc} = 98^g90^c95^{cc}$

$\omega_2 = C'_{SC} - C'_{SB} = 251^g24^c67^{cc} - 162^g45^c74^{cc} = 88^g78^c93^{cc}$

$\omega_3 = C'_{SD} - C'_{SC} = 358^g64^c29^{cc} - 251^g24^c67^{cc} = 107^g39^c62^{cc}$

$\omega_4 = C'_{SA} - C'_{SD} = 463^g54^c75^{cc} - 358^g64^c29^{cc} = 104^g90^c50^{cc}$

4.1.2. Metoda repetiției

Această metodă constă în măsurarea repetată, deci de mai multe ori a unghiurilor şi ea se aplică atunci când instrumetul utilizat nu poate asigura precizia necesară dintr-o singură măsurătoare şi în general atunci când se urmăreşte o precizie mare.

Exemplu:

- se instalează teodolitul în stația S *(Fig. 49)*pentru a măsura unghiul;
- se aduce reperul zero alidad în coincidență cu diviziunea zero a limbului;
- se blochează mişcarea azimutală (înregistratoare);
- se eliberează mişcarea generală;
- se vizează punctul 1;
- se blochează mişcarea generală (ca la procedeul cu zero în coincidență pe prima viză);
- se eliberează mişcarea azimutală;
- se vizează punctul 2 şi se obține citirea $C_1 = \omega$;
- se eliberează mişcarea generală;
- se vizează din nou punctul 1;
- se blochează mişcarea generală;
- se verifică citirea, care trebuie să fie egală cu C_1;
- se eliberează mişcarea azimutală şi se vizează punctul 2;
- se blochează mişcarea azimutală;
- se efectuează citirea C_2, care trebuie să fie egală cu 2ω;

Operația dse repetă în acelaşi mod de câte ori se cere. Valoarea medie a unghiului ω va fi dată de relația : $\omega_n = C_n / n$

în care : C_n = ultima citire ; n = numărul repetițiilor.

4.1.3. Metoda reiterației (seriilor)

Este o combinație între metoda repetiției și ea constă în măsurarea unghiurilor orizontale de mai multe ori, folosind origini diferite pe limb. Altfel spus, metoda reprezintă de fapt măsurarea în tur de orizont, reluată de mai multe ori, cu origini diferite.

Originile și intervalul (i) între origini se calculează cu relația: $i = \frac{400^g}{m.n}$ în care :

m = numărul microscoapelor

n = numărul reiterațiilor care trebuie efectuate

În cazul instrumentelor cu citire centralizată, deși există un singur microscop la care se citește o singură valoare, aceasta reprezintă de fapt media între două poziții opuse ale limbului, încât se ia m = 2, ca și în cazul teodolitelor clasice cu două microscoape; ca urmare, relația de mai sus devine

$i = 400^g : 2n$

Exemplu: dacă se aplică 2 reiterații, deci n = 2, atunci :

$$i = \frac{400^g}{2.2} = 100^g$$

4.1.4. Măsurarea unghiurilor verticale

Unghiurile verticale se pot măsura cu ajutorul instrumentelor care sunt prevăzute cu eclimetru sau cerc vertical.

În timpul măsurării unghiurilor verticale, cu un teodolit, cercul vertical se mișcă în plan vertical odată cu luneta, față de două repere zero fixe și a căror direcție trebuie să se afle în plan perfect orizontal.

În funcție de modul de numerotare a diviziunilor cercului vertical, se pot măsura unghiuri de pantă (α) și unghiuri zenitale (Z).

Astfel, instrumentele la care, aducând luneta în poziție orizontală, se citește valoarea 0^g în poziția I și 200^g în poziția II *(Fig. 50-a)*, care ne dau ***unghiuri zenitale*** *(Fig. 50-b)*. Cu astfel de instrumente se măsoară însă și unghiurile de pantă; un unghi de pantă este pozitiv, când citirea, cu luneta în poziția I, este mai mică de 100^g (ex. $88^g46^c00^{cc}$), unghiul fiind egal cu diferența: $\alpha = 100^g00^c00^{cc} - 88^g46^c00^{cc} = 11^g54^c00^{cc}$; iar un unghi de pantă este negativ, atunci când citita este mai mare de 100^g (ex. $114^g34^c00^{cc}$), unghiul fiind egal cu valoarea care întrece 100^g, deci $\alpha = 14^g34^c00^{cc}$.

Măsurarea în teren a unghiurilor verticale (Z și α) dintre două puncte A și B *(Fig.51)* se poate efectua dispunând de un teodolit și o stadie verticală; după instalarea teodolitului în stație, de exemplu în punctul A, se aduce luneta în poziție orizontală și cu ajutorul stadiei plasate în fața lunetei se măsoară, în dreptul mijlocului (axei de vizare) a lunetei înălțimea (i) la care se află luneta (ex. i=1460 mm)ș se plasează stadia verticlă în punctul B, se eliberează mișcarea verticală a lunetei și se vizează cu firul reticular orizontal la înălțimea i=1460mm. În acest fel, viza pe stadie devine paralelă cu linia ce unește punctele

A şi B, iar valoarea unghiului de înclinare citită la cercul vertical este egală tocmai cu unghiul de pantă (α) al terenului.

Pentru eliminarea unor erori, instrumentale, diminuarea erorilor accidentale şi obţinerea unei valori mai apropiate de cea reală, şi unghiurile verticale se măsoară cu luneta în ambele poziţii (I şi II); media aritmetică a celor două valori măsurate va reprezenta valoarea cea mai probabilă a unghiului de pantă.

Unghiurile de pantă astfel măsurate sunt necesare reducerii distanţelor la orizont.

Pentru nevoile nivelmentului se poate viza la orice înălţime deasupra punctului B, de ex. vârful unui coş de fabrică, cu condiţia ca această înălţime să fie cunoscută.

4.2. METODELE DE ORIENTARE A TEODOLITULUI ÎN TEREN

4.2.1. Orientarea teodolitului tahimetru cu busola şi declinatorul şi măsurarea orientării laturilor unghiurilor.

Măsurarea în teren a unghiurilor dintre diferitele direcţii se poate realiza în două moduri de lucru cu teodolitul orientat sau dezorientat.

În vederea întocmirii planurilor şi hărţilor topografice este necesară şi cunoaşterea sau măsurarea orientării laturilor unghiurilor.

Măsurarea unghiurilor cu un teodolit orientat prezintă avantajul că se obţin direct şi orientările laturilor acestora, deoarece citirile la limb pe orice direcţii vizate reprezintă totodată şi orientările acestora.

Orientarea unei direcţii SA (θ_{SA}) reprezintă unghiul dintre o direcţie nord (de ex. N_M) şi direcţia SA (în *Fig. 52*, citirea $C_{SA}=\theta_{SA}$).

Orientarea unui teodolit înseamnă a aduce diviziunea zero a cercului gradat orizontal pe direcţia nord *(Fig. 52).*

Modul de lucru cu teodolitul dezorientat constă în măsurarea unghiurilor cu teodolitul pus în staţia S la întâmplare, respectiv fără ca diviziunea 0^g a limbului să se afle pe direcţia nord.

Unghiul existent între direcţia nord şi direcţia diviziunii 0^g a limbului *(Fig. 53)* se numeşte ***dezorientarea*** teodolitului (θ_0).

În *Fig.53* se observă că pentru determinarea orientării unei direcţii (θ_{SA}) este necesar ca valorii citirii pe această direcţie (C_{SA}) să i se adauge valoarea dezorientării teodolitului (θ_0), deci

$$\theta_{SA}=C_{SA}+\theta_0$$

Din această relaţie rezultă că

$$\theta_0=\theta_{SA}-C_{SA}$$

sau exprimând la modul general,

$$\theta_0=\theta-C$$

Din toate acestea, rezultă că, valoarea orientării oricărei direcţii vizate ($\theta_{SA}\theta_{SB}$ etc.)poate fi calculată numai dacă se cunoaşte valoarea dezorientării teodolitului (θ_0) în staţia S, iar valoarea dezorientării se poate afla numai dacă în staţia S se cunoaşte orientarea unei alte direcţii (ex. θ_{SC}). În acest caz, după instalarea teodolitului în staţia S, va fi necesară doar efectuarea unei citiri pe direcţia SM (C_{SM}) şi ca urmare, dezorientarea va rezulta din relaţia

$$\theta_o=\theta_{SM}-C_{SM}$$

Odată cunoscută θ_o, se vor efectua câte o citire pe oricare direcţie necunoscută (C_{SA}, C_{SB}), iar orientările lor vor fi:

$$\theta_{SA}=\theta_o+C_{SA}$$

$$\theta_{SB}=\theta_o+C_{SB}$$

Exemplu numeric: cu teodolitul dezorientat în staţia B *(Fig. 53),* s-a efectuat o citire pe direcţia SM: $C_{SM} = 215^g35^c00^{cc}$; cunoscând orientarea

$$\theta_{SM} = 276^g58^c00^{cc} - 215^g35^c00^{cc} = 61^g23^c00^{cc}$$

Efectuând o citire pe direcţia SA, cu valoarea $C_{SA}= 92^g45^c00^{cc}$ rezultă

$$\theta_{SA}= 61^g23^c00^{cc} + 92^g45^c00^{cc} = 153^g68^c00^{cc}$$

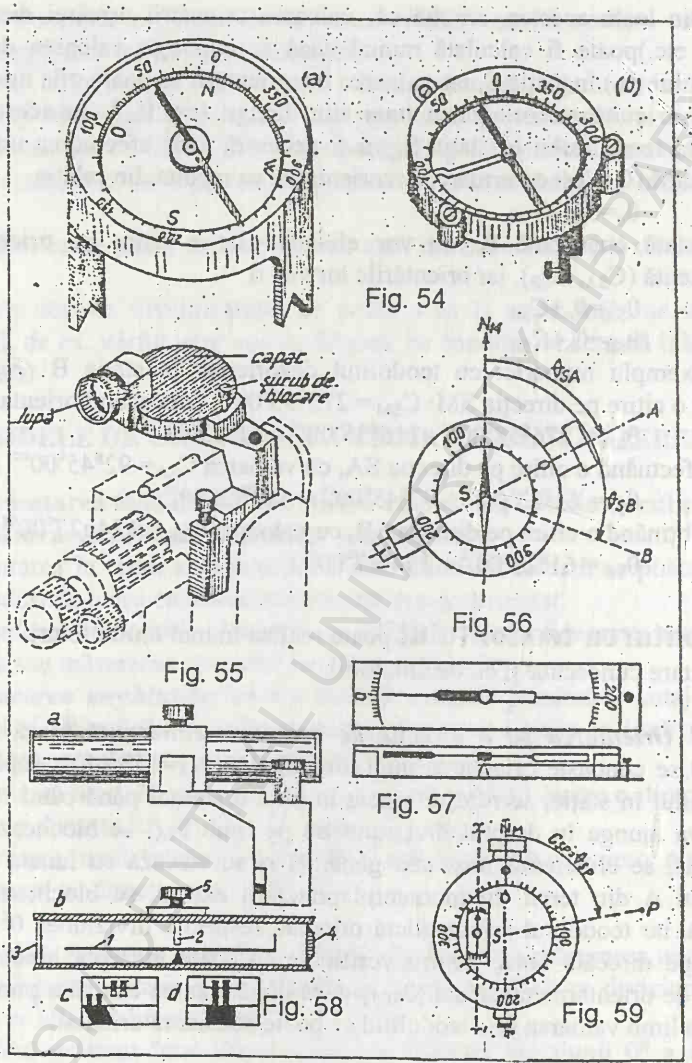
Obţinând o citire pe direcţia SB, cu valoarea $C_{SB} = 134g27^c00^{cc}$, rezultă

$$\theta_{SB} = 61^g23^c00^{cc} + 134^g27^c00^{cc}$$

Orientarea teodolitului poate realiza în mai multe feluri: pe o direcţie de orientare cunoscută şi cu declinatorul.

a)- ***Orientarea pe o direcţie de orientare cunoscută***: dacă în staţia S *(Fig.53)* se cunoaşte orientarea unei direcţii SA ($\theta_{SA}=153^g68^c$), după instalarea teodolitului în staţie, se roteşte luneta în plan orizontal până când reperul zero alidad va ajunge în dreptul diviziunii de pe limb θ_{SA}; se blochează mişcarea azimutală, se eliberează mişcarea generală şi se vizează cu luneta pe direcţia punctului A din teren. În momentul punctării exacte, se blochează mişcarea generală, iar teodolitul se consideră orientat, respectiv diviziunea 0^g a limbului se află pe direcăia nord. Pentru verificare se poate îndrepta luneta pe o altă direcţie de orientare cunoscută (θ_{SB})ş dacă după vizarea exactă a punctului B se va citi la limb valoarea θ_{SB}, teodolitul se poate considera orientat.

b)- Orientarea teodolitului cu busola anexă. O busolă anexă la teodolit posedă ca părţi componente principale: un ac magnetic, un cerc gradat de obicei în 400^g numerotate în sens invers orar, un buton de blocare a acului magnetic şi un dispozitiv de fixare pe furca teodolitului. Modelele mai vechi, anexe la teodolitele clasice *(Fig. 54 a şi b)* sunt mai simple, având cercul gradat fix şi acul magnetic mobil în interiorul acestuia. Ele se montează pe teodolit astfel încât direcţia diviziunilor 0^g-200^g ale cercului gradat este situată în acelaşi plan vertical cu axa de vizare a lunetei *(Fig. 44-a)* sau într-un plan vertical paralel *(Fig. 44-b).*



Fig, 54 – Busole anexe la teodolite clasice
Fig. 55 – Busola anexă la teodolite „Zeiss"
Fig. 56 – Măsurarea orientărilor cu busola
Fig.57 – Declinator dreptunghiular
Fig.58 – Declinator tubular „Zeiss"(a, b, c, d)
Fig.59 – Orientarea teodolitului cu declinatorul

Modelele moderne, cum este busola anexă la teodolitele Zeiss (Theo-020, Theo-020A ş.a.) prezintă modificări *(Fig. 55):* posedă, în locul acului magnetic, un disc magnetic mobil, având pe margine un cerc gradat în 400^g şi care se roteşte în interiorul unei rame metalice circulare, pe care se află o liniuţă-reper, în dreptul căruia se efectuează citirile şi totul fiind acoperit de un capac metalic protector; în exterior are un şurub de blocare a discului magnetic şi o lupă de citire a diviziunilor; busola se articulează pe un braţ un dispozitiv de prindere, astfel încât ea se situează deasupra lunetei, iar reperul de citire se află în acelaşi plan vertical cu cel al axei de vizare şi spre înainte, în direcţia de vizare.

În vederea orientării todolitului, după instalarea în staţie şi fixarea busolei, se întreprind următoarele operaţiuni:

- se eliberează mişcarea acului (sau a discului) magnetic;
- se eliberează mişcarea azimutală:
- se roteşte luneta până când se aduce reperul zero alidad în coincidenţă cu diviziunea 0^g a limbului;
- se blochează mişcarea azimutală;
- se eliberează mişcarea generală;
- se roteşte luneta până când diviziunea 0^g a cadranului busolei ajunge în dreptul vârfului negru al acului magnetic, deci pe direcţia N_M;
- se blochează mişcarea generală şi astfel diviziunea 0^g a limbului rămâne fixată pe direcţia N_M *(Fig. 52);*

Din acest moment, eliberând mişcarea azimutală şi vizând diverse direcţii (SA, SB etc.), citirile efectuate pe cadranul busolei în dreptul vârfului negru al acului magnetic *(Fig. 56)* vor reprezenta orientările magnetice ale acestor direcţii, deci $C_{SA} = \theta_{SA}$ sau $C_{SB} = \theta_{SB}$.

c)-Orientarea teodolitului cu declinatorul. Declinatorul este o busolă mai deosebită ce posedă în esenţă un ac magnetic plasat într-o cutie dreptunghiulară sau un tub şi serveşte atât la orientarea teodolitului cât şi la măsurarea în teren a orientărilor direcţiilor vizate cu luneta.

- Declinatorul cu cutie dreptunghiulară *(Fig. 57)* este în diverse modele: unele sunt independente, altele posedă un braţ cu dispozitiv de fixare pe furca teodolitului. În general, posedă un ac magnetic mai lung, iar la capetele cutiei câte un sector de cerc, cu un număr limitat de diviziuni în jurul liniei 0^g-200^g, sau având marcat prin câte o liniuţă doar la capetele liniei 0^g-200^g.

Când se fixează pe furca teodolitului, axa xx' a declinatorului este paralelă cu axa de vizare O_r a lunetei *(Fig. 59).*

Orientarea teodolitului cu un astfel de declinator se realizează aproape identic ca în cazul utilizării busolei anexe: după aducerea în coincidenţă a reperului zero alidad cu diviziunea 0^g limb şi eleiberarea mişcării generale, se roteşte luneta până când reperul zero al declinatorului ajunge în dreptul vârfului negru al acului magnetic, după care se blochează mişcarea generală.

- ***Declinatorul tubular*** prezintă *(Fig. 58-a)* față de cel dreptunghiular, unele deosebiri: nu are cerc sau sector de cerc gradat; unul din capetele acului magnetic (1) este întors în sus la 90° și prezintă *(Fig. 58-b)* o pinulă – o tăietură foarte îngustă; ăn mijlocul tubului se află o oglindă (2) care arată imaginea capătului întors al acului magnetic în fața acestuia. Partea din spate a tubului este închisă printr-un geam mat (3), iar la capătul opus se află o lupă (4). Acul magnetic indică direcția N_M atunci când pinula vârfului întors al acului magnetic *(Fig. 58-d)* se suprapune cu aceea a imaginii acestuia din oglindă. Mișcarea acului magnetic este blocată sau eliberată cu un șurub exterior (5). Tubul este montat pe un braț adecvat prevăzut cu un dispozitiv de prindere pe furca teodolitului.

Orientarea teodolitului se realizează ca în cazul utilizării busolei anexă sau a declinatorului dreptunghiular. Odată montat pe teodolit, direcția tubului declinatorului devine paralelă cu planul vertical al axei de vizare a lunetei. Ca urmare, după obținerea coincidenței zerourilor teodolitului și eliberarea mișcării generale, se rotește luneta în plan orizontal până când pinula acului magnetic se suprapune cu imaginea sa din oglinda declinatorului, după care se blochează mișcarea generală. Din acest moment, limbul rămâne orientat cu diviziunea 0^g pe direcția N_M *(Fig. 59)*.

După orientarea teodolitului cu declinatorul, eliberând mișcarea azimutală, se pot măsura direct orientările diverselor direcții vizate. Astfel *(Fig. 59)*, o citire la limb pe direcția SP va fi totodată și orientarea acestei direcții ($C_{SP}=\theta_{SP}$).

BCU IASI / CENTRAL

Lucrarea practică nr. 5

5. FOLOSIREA BUSOLELOR ÎN MĂSURAREA UNGHIURILOR

5.1. Generalităţi

Busola este un instrument care se întrebuinţează pentru determinare punctelor cardinale, măsurarea azimutului magnetic al unei direcţii, măsurarea unghiurilor, orientarea hărţii, deplasarea în teren după azimut magnetic dat.

Specialiştii deosebesc două mari grupe de busole: a) busole topografice propriu-zise (cu lunetă sau cu disc) şi b) busole simple (de buzunar sau de mână, fără lunetă).

Busolele topografice propriu-zise, cu lunetă sunt în general mai mari şi servesc la măsurarea directă a azimutului magnetic, cu o precizie sporită. Din această categorie se remarcă în mod deosebit: ***busolele tahimetru cu ac***, care sunt înzestrate cu limb şi ac magnetic (*Fig.59-a*) şi ***busolele teodolit cu disc***, care sunt busole moderne şi au avantajul că în locul acului magnetic, posedă un disc circular gradat care oscilează în plan orizontal faţă de un reper şi care uşurează citirea şi măresc precizia de citire a orientărilor magnetice.

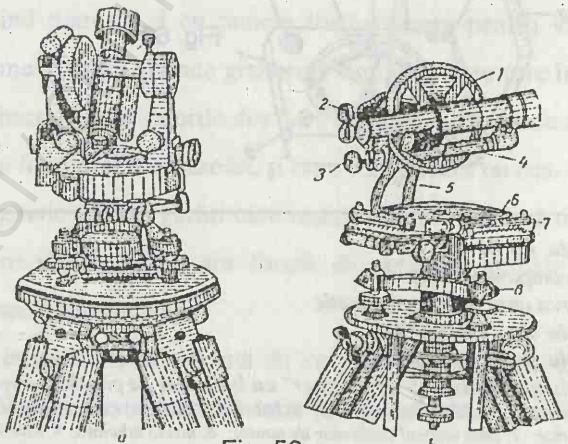


Fig. 59-a

Fig. - 59-a – Busole cu lunetă: *a - busolă teodolit Wild T.O.; b – busolă Geodetică; 1 – cercul vertical; 2 – şurubul micrometic; 3 – şurubul micrometic; 4 – nivela torică; 5 – furcă; 6 – busolă; 7 – nivela torică; 8 – ambaza*

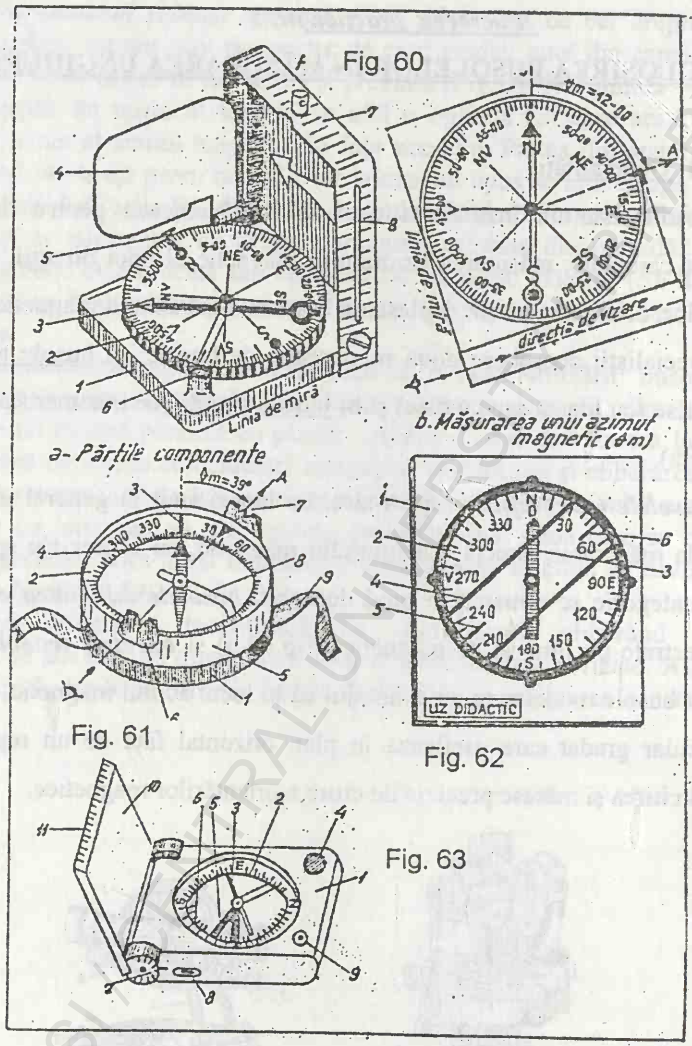


Fig. 60 – Busola tip B1-69
a) Părțile componente (θ_m)
b) Măsurarea unui azimut magnetic
Fig. 61 – Busola tip „Turism" I-4
Fig. 62 – Busola pentru uz didactic
Fig. 63 – Busola geologică „69 Freiberger" cu indicator de pantă; 1. corpul busolei; 2. limb cu diviziuni sexagesimale; 3. vârful acului magnetic; 4. buton de blocare a acului magnetic; 5.clinometru; 6. diviziuni clinometrice; 7. limb vertical (indicator de pantă); 8. nivelă tubulară; 9. nivelă sferică; 10. capac; 11. riglă gradată.

Busolele simple, fără lunetă, care fac obiectul acestei lucrări practice, au dimensiuni reduse, putând fi purtate în buzunar sau la mână şi sunt utilizate la orientarea în teren, sau la măsurarea aproximativă a unghiurilor şi azimuturilor magnetice, în cadrul unor ridicări topografice expeditive şi de recunoaştere. În principal, aceste busole sunt alcătuite dintr-o cutie, unele cu capac, în care se află un ac magnetic ce oscilează în jurul unui pivot, un limb gradat sexagesimal centesimal sau în miimi şi un vizor simplu. Toate părţile metalice sunt din aliaje antimagnetice. Din această categorie, cele mai utilizate sunt: busola tip B_1-69 (I.O.R.), busola tip turism, busola didactică şi busola minieră.

5.2. Busola tip B_1-69 (I.O.R.) este de fabricaţie românească după modelul francez „Bézard", şi este una din busolele simple care asigură o bună precizie în măsurătorile efectuate. Se compune din următoarele părţi (*Fig. 60-a*):

- Corpul busolei (1), de forma paralelipipedică şi cu un locaş cilindric în care este aşezat acul magnetic; latura sa dreaptă constituie „linia de miră";

- Cadranul busolei (2), format dintr-un disc transparent şi un geam protector fixate într-o montură metalică; cadranul se poate roti pe corp; pe discul transparent sunt înscrise punctele cardinale (roza vânturilor), punctele principale N, S, E şi V fiind marcate şi cu puncte fosforescente pentru vizibilitatea şa întuneric; de asemenea sunt gravate gradaţiile limbului, care este împărţit în 60-00 miimi, fiind înscrise doar valorile din 5-00 în 5-00; o diviziune are valoare 0-50 miimi; aceasta fiind precizia busolei, şi care echivalează cu cca. 3°;

- Acul magnetic (3) are vârful care indică nordul în formă de săgeată, iar capătul opus care indică sudul, are formă de cerculeţ, ambele capete fiind acoperite cu vopsea fosforescentă.

- Oglinda busolei (4) este fixată de corp printr-o balama, încât se poate roti de la 0° la 90° ; când este deschisă între 45°-60° şi busola ţinută la înălţimea ochiului, ea permite să se vadă în acelaşi timp cu direcţia şi notaţiile de pe cadran;

- Indicele (5), în dreptul căruia se efectuează citirea diviziunilor, este un vârf de metal fixat de corpul busolei;

- Dispozitivul de fixare (6) este o pârghie care este apăsată prin închiderea capacului blocând automat acul magnetic;

- Capacul busolei (7) este fixat de corpul busolei prin două şuruburi, se poate deschide sub un unghi de 90°, are imprimată pe mijloc o săgeată care indică direcţia de vizare, iar pe partea exterioară are gravată o riglă milimetrică cu lungimea de 50 mm, servind la măsurători pe hartă. Pe părţile laterale, capacul are câte o fantă – pinulă simplă (8), alcătuind vizorul busolei.

Gradaţiile limbului sunt numerotate în sensul orar, încât valorile citite în dreptul indicelui reprezintă direct valoarea azimutului magnetic în miimi; direcţia diviziunilor 0-3000 coincide ca direcţia N-S.

În vederea oricărei operaţiuni, se deschide capacul la maximum, deci sub un unghi de 90°, iar oglinda sub un unghi în jur de 45°.

Cu această busolă se pot efectua următoarele lucrări:

a) **Determinarea punctelor cardinale**, într-un punct de staţie:

- se aşează busola cu cadranul în poziţie orizontală;
- se roteşte cadranul până când diviziunea „O" (liniuţa fosforescentă) ajunge în dreptul indicelui;
- se ridică busola la înălţimea ochiului, ţinând-o în poziţie orizontală;
- se roteşte busola până când vârful nord (N) al acului magnetic se va afla în dreptul diviziunii „O" de pe cadran, iar punctul fosforescent din dreptul direcţiei (S) de pe cadran se va afla deasupra cercului fosforescent al acului magnetic;
- privind pinulele capacului, fără a mişca busola, se poate materializa prin repere în teren direcţia N-S.

b) Măsurarea azimutului magnetic al unei direcţii şi a unui unghi:

- se ţine busola în mâna dreaptă cu degetul arătător de-a lungul liniei de miră şi se ridică la înălţimea ochiului drept;

- se vizează, prin cele două pinule, pe direcția punctului A, al cărui azimut magnetic trebuie măsurat;

- păstrând linia de vizare, se roteşte cu mâna stângă cadranul până când cercul fosforescent al acului magnetic este acoperit de punctul fosforescent al cadranului *(Fig. 60-b);*

- se citeşte, în dreptul indicelui valoarea azimutului magnetic al direcției vizate, miimi (Ex. În *Fig. 60-b*, valoarea θ_m=12-00 miimi).

Măsurarea unui unghi între două direcții S1 şi S2, dintr-un punct de stație S2, se poate realiza folosind metoda „prin diferența orientărilor" având în vedere o citire în dreptul indicelui pe orice direcție vizată este totodată şi orientarea magnetică a acesteia, unghiul va fi

$$\omega = \theta_{mS2} - \theta_{mS1}$$

c) Orientarea hărții

- se aduce reperul „O" al cadranului în dreptul indicelui;

- să plaseze busola pe hartă (în poziție orizontală) astfel încât linia de miră să fie paralelă cu axa OY, iar săgeata de pe capac să fie orientată cu vârful spre nordul caroiajului;

- se roteşte harta până când vârful nord al acului magnetic se va afla în dreptul indicelui; în acest moment harta se consideră orientată.

c) Deplasarea în teren după un azimut magnetic dat.

O astfel de deplasare se efectuează cu ajutorul unor repere intermediare.

- În punctul de plecare se înregistrează azimutul magnetic dat în dreptul indicelui;

- Se ridică busola la înălțimea ochiului şi se roteşte până când diviziunea „O" a cadranului ajunge în dreptul vârfului (N) al acului magnetic;

- Se vizează apoi prin vizorul capacului un reper din teren determinând direcția; distanța până la reper se apreciază sau se poate măsura cu dublul pas;

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- În punctele intermediare se procedează în acelaşi mod până se ajunge la punctul final.

Condiţii de păstrare-depozitare:

- busola se aşează cu geamul în sus astfel încât capătul (N) al acului magnetic să fie orientat spre nord;
- busola se va aşeza la o depărtare de peste 2m de obiecte feroase;
- păstrarea se va face în locuri uscate cu umiditate relativă sub 65%.

5.3 Busola tip „Turism" I-4

Este o busolă simplă, de fabricaţie românească - după un model rusesc, având şi o curea pentru a fi purtată la mână. Posedă următoarele părţi componente (*Fig.61*):

- corpul busolei (1), fiind de formă rotundă şi confecţionat din ebonită neagră;
- cercul gradat (2) care este fix şi divizat în sexagesimal; diviziunea „O" (3), considerată pe direcţia (N) este o liniuţă mai proeminentă acoperită şi cu vopsea fosforescentă; limbul cuprinde de fapt două cercuri gradate – un cerc interior, cel principal, împărţit în 360° în sensul direct orar, având notate valorile din 15° în 15°, o diviziune fiind egală cu 3°, reprezentând precizia busolei şi un cerc exterior, secundar, împărţit în 60' în sens invers orar având notate valorile din 5' în 5';
- acul magnetic (4), având vârful nordic (N) ascuţit şi acoperit cu vopsea fosforescentă;
- cercul vizor (5), acoperit de un geam protector, care se roteşte pe corpul busolei şi pe care este montat un vizor central compus din două părţi – o crestătură cu rol de pinulă ocular (6) şi un vârf ascuţit cu rol de pinulă obiectiv (7), asemănător vizorului unei puşti;
- pârghia de blocare a acului magnetic (8)
- cureaua (9) pentru prinderea busolei la mână.

BUCHAREST TECHNICAL UNIVERSITY LIBRARY

Precizia acestei busole este, aşadar, egală cu aceea a busolei tip „B1-69" şi anume de 3°, aşadar citirea azimutului magnetic se efectuează cu o mică exactitate, în dreptul celor doi indici, ca două vârfuri de săgeată cu vopsea fosforescentă de la baza celor două pinule.

Cu această busolă se pot efectua aceleaşi operaţiuni ca în cazul busolei anterioare.

Pentru măsurarea azimutului magnetic al unei direcţii se procedează astfel:

- într-un punct de staţie B, se ţine corpul busolei în mâna dreaptă şi se eliberează mişcarea acului magnetic, aşteptând să se stabilizeze pe direcţia N_m;
- cu mână stângă, se roteşte cercul vizor (5) până când se prinde în planul de vizare direcţia S-1;
- apoi , cu mâna dreaptă se roteşte corpul (1) cu cercul gradat (2) până când diviziunea „O" a acestuia ajunge la capătul (N) al acului magnetic, menţinând mereu vizorul pe direcţia S1;
- se va citi apoi valoarea azimutului magnetic în dreptul indicelui de la baza cătării, deci a pinulei obiectiv (7); astfel, în *Fig.61 :*

$\theta_{mSA} = 30° + 3$ diviziuni $= 30° + 9° = 39°$

Unghiul dintre două direcţii, se va determina prin diferenţa dintre azimuturile acestora.

Pentru a afla ***azimutul adevărat,*** se adaugă la azimutul magnetic, măsurat cu busola, valoarea declinaţiei magnetice a locului, cu semnul ei (+) sau (-).

5.4. Busola pentru uz didactic

Este una din cele mai simple busole şi este confecţionată *(Fig.62)*numai din mase plastice, singura piesă metalică fiind acul magnetic şi pivotul. Cuprinde următoarele părţi componente:

- un suport dreptunghiular (1) pe care se află gravate diviziunile cercului gradat (2), în sistemul sexagesimal; pe cercul gradat sunt notate valorile din 30°

în 30°, crescând în sensul direct orar; cercul cuprinde 48 diviziuni, încât precizia (valoarea celei mai mici diviziuni) este de numai 7°, 30'; pe cerc mai sunt notate punctele cardinale principale N,S,E şi V, iar diviziunea „O" coincide cu direcţia N; totodată, direcţia N-S, sau 0°-180°, este paralelă cu laturile lungi ale suportului;

- acul magnetic (3), având vârful N ascuţit şi cu vopsea roşie şi nefiind prevăzut cu pârghie de blocare;

- o carcasă protectoare din material transparent care se roteşte deasupra limbului şi are şi rolul de vizor; pe partea superioară există două linii paralele (4) directoare, iar între ele, pe mijlocul busolei, două liniuţe (5;6) cu rol de indici pentru direcţiile N şi S şi cu ajutorul cărora, se pot efectua vizări aproximative pe diverse direcţii şi citirea azimutului magnetic.

Busola a fost confecţionată în scopuri didactice şi neavând pârghie de blocare a acului magnetic, nu poate fi purtată pe teren. În clasă, sală , permite efectuarea următoarelor operaţiuni:

- ***Determinarea punctelor cardinale*** se aşează busola pe o masă orizontală, acul magnetic orientându-se pe direcţia N; se roteşte suportul până când diviziunea „O" a limbului ajunge în dreptul vârfului roşu (N) al acului magnetic; din acest moment direcţiile cardinale principale sunt date de notaţiile N,S,E, şi V de pe cadranul gradat.

- ***Măsurarea unui azimut magnetic:*** după efectuare operaţiunii anterioare, menţinând suportul fix pe direcţia N, fie pe masă, fie ridicat cu mâna dreaptă la nivelul ochiului, într-un punct S, se roteşte, cu mână stângă, capacul protector, vizând pe direcţiile indicilor 5 şi 6 spre un punct A; citirea în dreptul indicelui (6) va reprezenta valoarea azimutului magnetic al direcţiei vizate S1 (în *Fig. 62* citirea este $\theta_m = 45^o + 3^o$ estimate = 48°).

- **Măsurarea unui unghi** se poate efectua prin diferenţa azimuturilor magnetice, determinate pentru două direcţii vizate din acelaşi punct de staţie.

5.5 Busolele geologice

Există mai multe tipuri de busole geologice; unele sunt utilizate în lucrări miniere din subteran şi sunt denumite busole miniere (ex. Busola suspendată tip Otto Fennel), altele sunt nelipsite în cercetările geologice, deseori fiind utile pe teren şi geografilor – geomorfologilor . Din această a doua categorie amintim:

- ***Busola geologică cu indicator de pantă: tip 69 -Freiberzer"*** (R.D.G.), ale cărei părţi componente şi aspectul general se dau în *Fig. 63.*

Fiind prin construcţie o busolă complexă, oferă posibilităţi multiple de utilizare în teren. Precizia limbului orizontal (2) al acestei busole este de 2°, dar există busole de acelaşi fel cu o precizie de 1°.

În afara măsurătorilor ce se efectuează cu busolele de mână obişnuite, descrise mai sus, cu busola geologică se pot efectua şi determinări specifice geologice: măsurarea direcţiei şi a unghiurilor de înclinare a stratelor geologice, măsurarea plonjării (scufundării) şi a înclinării etc., astfel că, în afara unghiurilor orizontale, ea permite şi măsurarea unor unghiuri verticale – fie cu ajutorul limbului vertical (7) de la baza capacului, fie, mai ales, cu ajutorul clinometrului (5) şi a diviziunilor clinometrice (6).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lucrarea practică nr. 6

6. DETERMINĂRI ALTIMETRICE DE PUNCTE

6.1 Noțiuni generale

Altimetria sau nivelmentul reprezintă acea parte a unei ridicări topografice (și a topografiei, în general) care se ocupă cu determinarea poziției punctelor topografice față de planul de referință considerat, mai precis a depărtării punctelor pe verticală față de acest plan.

În esență, altimetria se ocupă cu determinarea celei de-a treia coordonare a punctului topografic, numită ***cota*** punctelor și notată cu H sau Z.

Stabilirea unei cote necesită determinarea depărtării pe verticală a punctului în raport cu o suprafață de referință perpendiculară verticalelor punctelor de pe ea, denumită ***suprafață de nivel.*** În altimetrie, suprafața de nivel de mare importanță este aceea ce se confundă cu suprafața liniștită a mărilor și oceanelor, presupusă prelungită și sub continente (suprafața geoidului) și care se numește ***suprafață de nivel zero*** (*Fig. 64*) sau ***suprafață de bază.***

Atunci când cota unui punct A (H_A) se stabilește pornind de la suprafața de nivel zero (*Fig. 64*) ea este denumită ***cota absolută*** sau ***altitudinea*** punctului. Dacă la determinarea cotei unui punct B (H_B) se pornește de la o suprafață de nivel oarecare, locală (S_{nL}) care poate fi de exemplu fundul unei văi, ***cota*** este ***relativă***, fiind numită și ***înălțimea*** punctului.

Cotele ce se determină deasupra geoidului sunt numite ***cote pozitive*** sau ***hipsometrice,*** iar cele sub suprafața de nivel zero sunt ***cote negative*** sau ***batimetrice.***

Diferența de nivel (Δ_h sau Δ_H) dintre două puncte A și B reprezintă depărtarea pe verticală dintre suprafața de nivel ce conține punctul A (Δ_{hA}) și suprafața de nivel a puntului B (Δ_B). În altimetrie, determinarea diferenței de nivel este o problemă esențială deoarece, cunoscând altitudinea unui punct A și

BOJAI STATE UNIVERSITY LIBRARY

diferența de nivel față de un alt punct B, se poate determina altitudinea punctului necunoscut B. Astfel, în *Fig.64:*

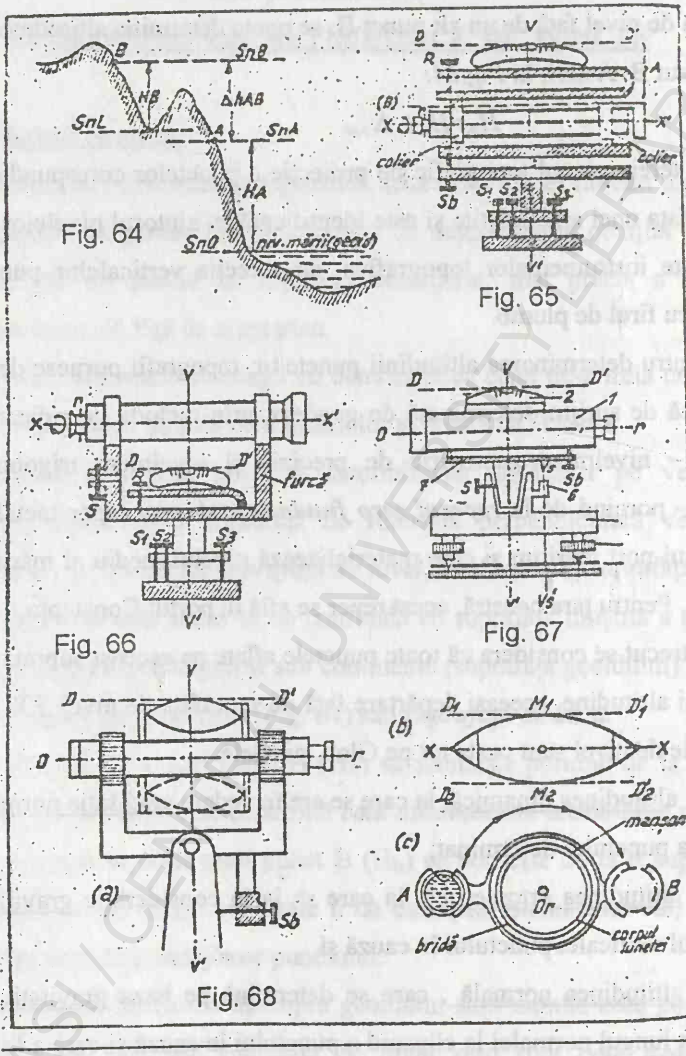
$$H_B = H_A + \Delta_{AB}$$

În teren, planul topografic de proiecție a punctelor corespunde ca poziție cu suprafața unei ape liniștite și este identificată cu ajutorul nivelelor cu bulă de aer atașate instrumentelor topografice, iar direcția verticalelor punctelor este stabilită cu firul de plumb.

Pentru determinarea altitudinii punctelor, topografii pornesc de la rețeaua altimetrică de sprijin determinată de geodezi, prin metode de ridicare de mare precizie – nivelment geometric de precizie și nivelment trigonometric de precizie – pornind de la ***reperul zero fundamental*** – un reper metalic fixat în cheiul unui port maritim și care materializează nivelul mediu al mării celei mai apropiate. Pentru țara noastră, acest reper se află în portul Constanța.

În trecut se considera că toate punctele aflate pe aceeași suprafață de nivel au aceeași altitudine, aceeași depărtare față de suprafața de nivel „O" și că toate suprafețele de nivel sunt peste tot pe Glob, paralele.

- altitudinea dinamică, la care se are în vedere gravitația normală la latitudinea punctului determinat;
- altitudinea ortometrică, la care se ia în considerație gravitația medie de-a lungul verticalei punctului în cauză și
- altitudinea normală , care se determină pe baza gravitației normale medii de-a lungul normalei la elipsoid a punctului în cauză și care a fost definită de Prof. M.S. Molodenschi în 1945.



H_A = cotă absolută
H_B = cota relativă
Δ_{hAB} = diferența de nivel
SnD = supr. De nivel zero
SnL = supr. De nivel locală

Fig. 64 *Cotă absolută și cotă relativă*
Fig. 65 *Schema nivelului cu nivelă independentă*
Fig. 66 *Schema nivelului cu nivelă fixă*
Fig. 67 *Schema nivelului rigid cu șurub de basculare (fină calare)*
Fig. 68 *Schema nivelului cu nivelă reversibilă*

În țara noastră se folosește atitudinea normală. În nod practic, cele trei feluri de altitudine a unui punct se obțin aplicând pentru fiecare o altă corecție rezultatul obținut în teren din măsurătorile altimetrie. Mai exact, în cazul determinărilor altimetrice geodezice la care distanțele dintre punctele de determinat sunt mari (de peste câteva zeci de Km), diferențele de înălțime constatate cu ajutorul instrumentelor nivelitice nu sunt egale cu diferențele de nivel și trebuie să se țină seama de neparalelismul suprafețelor de nivel, să se aplice corecții specifice fiecărui fel de altitudine. ***În cadrul ridicărilor altimetrice topografice,*** distanța dintre punctele de determinat altimetric este mică (de câțiva km sau chiar câteva zeci de km), încât se admite că suprafețele de nivel înalt sunt paralele; ca urmare diferențele de nivel sunt egale cu diferențele de înălțime dintre puncte, sau diferențele dintre ele sunt mai mici decât erorile inevitabile obținute din măsurători.

Ridicările altimetrice topografice se pot efectua prin mai multe feluri de nivelment: geometric (direct), trigonometric (indirect), barometric (fizic) s.a.

6.2. Nivelmentul geometric (direct)

Principiul *nivelmentului geometric* constă în obținerea diferențelor de nivel dintre puncte cu ajutorul unor *linii orizontale* de vizare, care se obțin cu ajutorul unui instrument specific denumit ***nivel*** sau ***nivelmetru.*** Distanțele verticale se citesc pe stadii sau mire, care pot fi folosite la măsurătoarea stadimetrică a distanțelor, sau altele speciale.

6.2.1. Instrumentele nivelmetrului geometric

Pentru determinările altimetrice prin nivelment direct sunt necesare, în principal, o stadie și un nivelmetru.

Stadiile pot fi folosite utilizate la măsurătorile stadimetrice. Însă, pentru obținerea unei citiri corecte pe stadie, aceasta trebuie ținută în poziție verticală. Ca urmare, cele mai preferabile sunt stadiile prevăzute cu o nivelă sferică. În lipsa acestora, se poate balansa o stadie simplă pe direcția nivelmetrului,

efectuând câteva citiri; citirea corectă va fi aceea cu valoarea mai mică, ea fiind citirea pe stadie în poziția verticală.

Nivelmetrele (nivelurile) sunt instrumente care realizează o linie de virare orizontală și se bazează pe un fenomen al gravitației sau mai precis, pe echilibrul, fie al unui pendul, fie al unui lichid. În general, se deosebesc două mari categorii de niveluri: fără lunetă (simple) și cu lunetă (propriu-zise).

a. ***Nivelurile fără lunetă*** se pot confecționa ușor și repede. Se mai folosesc pe unele șantiere de construcții. La aceste instrumente, planul orizontal de vizare se realizează, fie cu o riglă orizontală, fie pe suprafața unui lichid în echilibru. Astfel de niveluri sunt: ***lata de nivelment*** – o riglă cu lungimea de 2-4 m având pe ea o nivelă torică sau o nivelă de zidar ***(boloboc); nivelul cu apă*** – constituit din două fiole de sticlă gradate, puse în comunicație printr-un tub orizontal și având un lichid colorat; nivelul cu furtun de cauciuc – compus din două fiole de sticlă asemănătoare instrumentului anterior, dar legate printr-un furtun lung de cauciuc (10-20 m),

b. Nivelurile cu lunetă

Nivelul cu lunetă este singurul instrument utilizat pentru operațiuni geodezice și topografice, care pretind o precizie sporită în măsurarea înălțimilor. În esență, un astfel de nivelmetru este constituit dintr-o lunetă astronomică asamblată cu o nivelă cilindrică sau un sistem pendular. Instrumentul se poate roti în jurul unei axe verticale sau pivot.

În general, luneta este stadimetrică, permițând și măsurarea indirectă a distanțelor orizontale. Mai multe niveluri sunt înzestrate și cu un cerc gradat orizontal, încât pot fi folosite și pentru determinări planimetrice pe teren plan.

Nivelurile cu lunetă pot fi de două tipuri: niveluri cu nivelă și niveluri automate sau pendulare.

Nivelmetrele cu nivelă

La aceste instrumente, orizontalitatea axei de vizare a lunetei se asigură cu ajutorul unei nivele asociate lunetei. Aceste tipuri de niveluri se clasifică astfel:

Niveluri cu lunetă mobilă: la acestea, luneta se sprijină pe un suport, având posibilitatea de a fi ridicată şi pusă cap la cap, sau de a se roti în jurul axei sale longitudinale. Această categorie cuprinde două tipuri:

- *nivelul cu lunetă mobilă şi nivelă independentă* (*Fig. 65*) are ca ansamblu A al nivelei şi suportul sprijinite pe colierele lunetei care poate fi şi detaşată; ansamblul A se poate pune cap la cap (cu 200^g) în jurul axei verticale VV' iar luneta se poate roti cu 200^g în jurul axei geometrice XX': corpul nivelei este susţinut de un suport cu trei şuruburi de calare (S_1,S_2,S_3) care se aşează pe un trepied; nivelul este prevăzut şi cu un şurub de fină calare (S_b) a nivelei torice şi două şuruburi R şi r pentru reglarea nivelei torice şi respectiv a plăcii reticulare; directricea DD' a nivelei torice este paralelă cu axa geometrică XX' a lunetei şi ambele trebuie să fie perpendiculare pe axa verticală VV'.

Precizia nivelului poate fi caracterizată printr-o eroare medie întâmplătoare de $\pm$1,5 mm şi o eroare medie sistematică de $\pm$ 0,2 mm pentru o diferenţă de nivel între două puncte situate la 100 m distanţă.

- *Nivelul cu lunetă mobilă şi nivelă fixă (Fig.66)* are nivela fixată pe suportul aparatului solidar cu axa principală VV', având şi un şurub de rectificare R; luneta poate suporta aceleaşi două mişcări ca la tipul anterior iar înclinarea ei poate fi reglată cu un şurub S aflat pe una din furci.

Niveluri cu lunetă fixă (niveluri rigide): sunt aparate moderne, cărora le este caracteristic faptul că luneta şi nivela tubulară fac corp comun. Precizia lor sporită este determinată de robusteţea care asigură stabilitatea reglajelor, de precizia optică şi mecanică şi de fineţea calajului bulei de aer a nivelei. De asemenea, la aceste niveluri luneta nu poate fi separată de corpul instrumentului.

În vederea oricărei măsurători cu un astfel de nivel trebuie verificată şi realizată condiţia ca axa de vizare a lunetei (Or) să fie paralelă cu directricea nivelei torice (DD'). În general, aceste niveluri sunt înzestrate cu o nivelă torică solidară cu luneta şi a cărei calare se realizează cu ajutorul unui şurub de calare,

B.C.U. „I. EMINESCU" IAŞI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

sau cu o nivelă basculantă cu şurub de fină calare, ori cu nivelă reversibilă (butoiaş).

De asemenea, astfel de aparate posedă o oglindă pentru observarea bulei de aer a nivelei torice, iar nivela torică este de obicei cu coincidenţă.

Din categoria nivelurilor rigide, prezentăm următoarele tipuri:

- ***nivelurile rigide fără şurub de fină calare:*** au nivela torică fixată pe lunetă şi acest ansamblu se poate roti în jurul axei de rotaţie (VV') fixat pe un suport cu trei şuruburi de calare. Aparatul dispune şi de o nivelă sferică pentru calare aproximativă . modul de utilizare este simplu: se calează aproximativ cu nivela sferică, apoi precis cu nivela torică; se observă bula de aer, calând-o mai precis cu ajutorul şurubului celui mai apropiat de planul vertical care trece prin lunetă şi apoi se poate efectua citirea pe stadie. Nivelurile de acest tip (ex. „Wild NK - O1", „Ni-060 Zeiss" ş.a.) sunt instrumente de şantier având o precizie mică; eroarea medie pe 1 km de drumuri de nivelment este de ordinul a $\pm$ 10-20 mm.

- ***Nivelurile rigide cu şurub de fină calare*** *(basculare)* sunt printre cele mai utilizate pentru măsurători de mare precizie. În general, sunt alcătuite din aceleaşi părţi componente ca şi nivelurile fără şurub de basculare şi anume (*Fig. 67*).; o lunetă stadimetrică (1), nivelă torică (2), un suport de bază (3) cu trei şuruburi de calare (4), placă flexibilă şi placă rigidă (5) şi o nivelă sferică (6); în plus posedă însă o pârghie de basculare (7), articulată de ansamblul lunetă-nivelă torică, ce permite înclinarea fină a acestui ansamblu de fină basculare (S_b). Aceste aparate sunt înzestrate, de asemenea, cu cerc gradat orizontal şi alidadă, mişcarea azimutală (orizontală) fiind comandată printr-o clemă sau şurub (S) şi un şurub micrometric, iar luneta lor este prevăzută cu un şurub de focusare a imaginii. În vederea unor citiri corecte pe stadie, axa de vânzare a lunetei (Or) trebuie să fie paralelă cu directricea nivelei torice (DD'), iar aceste linii imaginare trebuie să fie perpendiculare pe axa verticală de rotaţie a instrumentului (VV') şi axa nivelei sferice (V_SV_S').

În această categorie se includ numeroase modele, cum sunt nivelurile: Zeiss Ni-030, Ni-030 cu micrometru optic, nivelul 35-E MOM (R.P.U), nivelul polonez „P_Z", nivelurile sovietice N, (de foarte mare precizie), N2 (de precizie), N2 şi NT-pentru nivelmentul tehnic; Wild-N_2, N_3, Nk_{10} NK_2 ş.a.

Nivelul „NI-030" Zeiss-Jena cu limb este un nivel de precizie medie, prevăzut (*Fig.69*) cu un cerc orizontal din sticlă, la care citirile se efectuează cu un microscop cu scăriţă (9) a cărei precizie este de 10° sau 10'. La acest nivel luneta este solidară cu nivelă torică cu coincidenţă (14), prevăzută cu un sistem de prisme care aduce imaginea capetelor bulei într-un vizor ataşat lângă ocularul lunetei şi a cărei calare se realizează cu un şurub de fină basculare (8). Acest nivel a fost destinat lucrărilor de precizie mijlocie cu stadii verticale obişnuite, dar, utilizând o miră de invar şi echipând nivelul cu un microscop cu placă plan paralelă, poate fi folosit şi ca nivel de precizie. Menţionăm totodată că luneta este stadimetrică, încât, acest nivel poate fi utilizat şi în ridicări tahimetrice pe terenuri netede şi cu pantă mică.

- ***Nivelurile cu nivelă reversibilă*** au o schemă de construcţie (*Fig. 68*) asemănătoare cu nivelul rigid cu şurub de fină calare (*Fig.67*) prin două caracteristici: nivela este fixată pe o parte a lunetei, iar perpendicularitatea ansamblului nivelă - lunetă pe axa de rotaţie VV' a instrumentului este reglabilă cu un şurub de basculare (S_b). Deosebirile constau în următoarele: nivela este cu dublă curbură – butoiaş (*Fig. 68*); luneta se poate roti cu 200^g în jurul axei sale longitudinale, în interiorul unui manşon, în timp ce nivela butoiaş ajunge din poziţia iniţială A (*Fig. 69*) într-o poziţie simetrică B. Nivela fiind observată succesiv în cele două poziţii are deci două directrice D_1D_1' şi $D_2 D_2'$ care trebuie să fie paralele. Astfel de niveluri (ex. Wild-N_2 ş.a.) prezintă unele avantaje: controlul simplu al reglajului dintr-o singură staţie şi pe aceeaşi miră a axei de vânzare, controlul citirii efectuate pe miră prin măsurători independente pe cele două poziţii ale lunetei ş.a.

Fig. 69

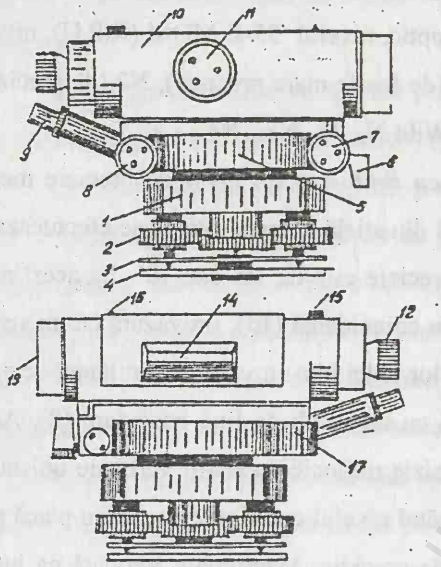


Fig. 69 - Nivelul rigid „Ni-030" Zeiss

1. *suportul de bază*
2. *şuruburi de calare*
3. *placă flexibilă*
4. *placă rigidă*
5. *cercul gradat şi cercul alidad*
6. *clema mişcării azimutale*
7. *micrometrul mişcării azimutale*
8. *şurubul de basculare şi de fină calare a nivelei torice*
9. *microscop cu scăriţă*
10. *lunetă topografică*
11. *şurub de focusare (cremalieră)*
12. *ocularul lunetei*
13. *obiectivul lunetei*
14. *nivelă torică (cu coincidenţă)*
15. *crestătură*
16. *cătare*
17. *nivelă sferică*

Fig. 70

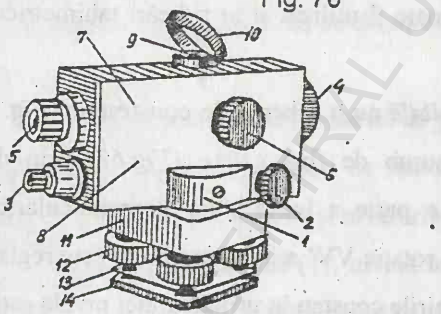


Fig.70 -Nivelul automat „Ni-025" Zeiss

1. *cercul gradat;*
2. *micrometrul mişcării azimutale;*
3. *microscopul cu scăriţă;*
4. *obiectivul lunetei;*
5. *ocularul;*
6. *şurubul de focusare;*
7. *poziţia prismelor sistemului de compensare;*
8. *poziţia corpului pendulului şi a sistemului de amortizare cu aer;*
9. *nivela sferică;*
10. *capacul cu oglindă al nivelei sferice;*
11. *suportul de bază;*
12. *şuruburi de calare;*
13. *placa flexibilă;*
14. *placa rigidă.*

Totuşi, constructorii de instrumente şi mai ales beneficiarii lor preferă nivelurile rigide de înaltă precizie, robuste şi puţin dereglabile.

***Nivelmetre automate** (compensatoare)*

Sunt instrumente moderne a căror citire pe mină este corectată în mod automat de eroarea de neorizontalitate a axei de vizare a lunetei. Cu astfel de niveluri, nivelmentul geometric se execută mai repede, economisind timpul necesar calării. Totodată, precizia lucrărilor nu scade, se evită erorile accidentale

ce provin din oboseala omului iar randamentul de lucru pe teren este cu 40% mai mare ca la celelalte tipuri de niveluri. Pentru calitățile lor, aceste niveluri au tendința de a se impune tot mai mult în toate domeniile și de a înlocui nivelurile rigide. Din această categorie, amintim nivelurile produse în U.R.S.S. (N.S-2 și N.4. – Gusev), Italia (firma Salmoiraghi), R.F.G (Ni 2-Opten, primul nivel automat și Ni-4 Opten), Elveția (Kern-$GK_1$4; Wild-NA2) și de firma K.Zeiss-Jena (Ni-O25 / *Fig.70*; Ni-050).

La astfel de instrumente orizontalizarea axei de vizare a lunetei se realizează automat cu ajutorul unui dispozitiv plasat în interiorul lunetei pe traseul axei de vizare și denumit **compensator.** Majoritatea compensatoarelor sunt construite pe principiul pendulului și sunt de două tipuri principale: compensatoare **optice** și **mecanice.**

Ca urmare, aceste instrumente nu mai posedă nivelă ferică pentru orizontalitatea axei de vizare, ci numai o nivelă sferică pentru a realiza un calaj aproximativ, în scopul asigurării câmpului de acțiune a compensatorului.

Indiferent de tipul compensatorului, principiul de compensatoare este același.

După modul constructiv de realizare, compensatoarele pot fi grupate în trei categorii: pendulate, cu nivelă și cu prismă lichidă.

Prezentăm în continuare ca exemplu:

Nivelul automat „Ni-025" Zeiss.

Acest instrument (ale cărui părți componente sunt arătate în *Fig. 70*) are un aspect general modern și simplu, fiind compus din două părți principale: un suport de bază obișnuit pe care se află o cutie-carcasă paralelipipedică în care sunt montate toate piesele aparatului propriu-zis: cercul gradat orizontal și alidada (1), micrometrul mișcării orizontale (2), microscopul cu scăriță (3), luneta – din care se văd în exterior doar obiectivul (4), ocularul (5) și șurubul de focusare a imaginii (6). Orizontalitatea liniei de vizare se realizează printr-un sistem de trei prisme (7) și un pendul (8), ce alcătuiesc compensatorul montat în

jumătatea posterioară a lunetei, la o distanţă d = f / 4, între lentila de focusare şi planul reticular (planul imaginii). Deasupra cutiei se află montată o nivelă verticală (9), a cărei axă verticală este paralelă cu axa verticală de rotaţie VV' a nivelului şi care este prevăzută cu un capac cu oglindă (10) pentru observarea bulei de aer. Acelaşi gen de compensator optico-mecanic se întâlneşte la nivelul automat Zeiss „NI-050".

Precizia medie pe 1 Km de dublu nivelmetru este de $\pm$0,7 mm folosind şi un micrometru optic şi de $\pm$0,2 mm fără utilizarea acestuia.

6.2.2. Verificarea şi rectificarea instrumentelor de nivelment geometric

În vederea executării nivelmentului geometric, indiferent de tipul nivelului, este obligatorie efectuarea unor verificări şi rectificări, din care cea mai importantă este verificarea paralelismului axei de vizare (Or) cu directricea nivelei ferice (DD') - pentru nivelurile cu nivelă şi verificarea orizontalităţii liniei de vizare în domeniul funcţional şi compensatorului pentru nivelurile automate.

Aceste verificări se realizează, pentru ambele tipuri de niveluri, în acelaşi mod, prin nivelment geometric din mijloc şi de capăt (dublă staţionare) al aceleiaşi linii din teren AB (*Fig. 71*).

Pentru aceasta se aşează instrumentul în staţia S_1, exact la mijlocul distanţei AB, încât practic cele două părţi să fie de o lungime de 20-30 m. După ce se calează aparatul şi bula de aer a nivelei torice se aduce între repre, se efectuează o citire a_1' pe mira verticală din A şi o citire b_1' pe mira din B.

Axa de vizare fiind înclinată faţă de orizontală cu unghiul α, citirile a_1' şi b_1' cor fi eronate cu aceeaşi cantitate x (deoarece aparatul se găseşte la distanţe egale d_1=d_2 faţă de A şi B) şi de acelaşi semn în raport cu citirile juste a_1 şi b_1.

Din desen rezultă $a_1 = a_1' - x$ şi $b_1 = b_1' - x$, de unde diferenţa de nivel exactă va fi:

$$\Delta h = a_1 - b_1 = (a_1' - x) - (b_1' - x) = a_1' - b_1' \qquad (9.1)$$

De aici rezultă că, executând un nivelment geometric din mijloc, se elimină eroarea numită de colimație. Apoi se execută și un nivelment de capăt, staționând cu aparatul în S_2 în exteriorul nivelului, la 1,5-3 m în spatele punctului B. Calând aparatul și nivela torică, se efectuează citirile a_2' și b_2' pe mirele din A și B, care, datorită erorii de colimație, vor diferi de citirile juste a_2 și b_2. Considerând că unghiul α este în general mic și distanța S_2B mică, rezultă că:

$$b_2 \approx b_2' \tag{9.2}$$

de unde,

$$\Delta h = a_2 - b_2' \tag{9.3}$$

iar citirea justă calculată, ținând seama de relația (9.1) va fi:

$$a_2 = h + b_2' \tag{9.4}$$

Dacă citirea a_2' efectuată pe mină nu este egală cu a_2, calculat cu (9.4), rezultă că axa de vizare nu este paralelă cu directricea nivelei, deci $\alpha \neq 0$ și există o eroare de colimație, încât aparatul trebuie rectificat, operație ce diferă după tipul nivelului.

Astfel, în cazul nivelmetrelor rigide cu șurub de fină calare rectificarea se face prin bascularea nivelei torice în raport cu luneta, cu ajutorul șurubului de basculare, până când firul nivelelor se deplasează de pe citirea a_2' obținută din stația S_2, pe citirea justă a_2 calculată. Bula de aer a nivelei torice nu mai este însă între repere. Se reface coincidența bulei de aer acționând șuruburile de rectificare verticală ale nivelei torice. Această rectificare are ca scop modificarea directricei nivelei în raport cu axa de vizare. După rectificare se efectuează din nou citirile din S_2, se recalculează citirea a_2 cu relația (9.4) și se procedează la rectificare, ca mai sus, până când se obține $a_2 \approx a_2'$.

Această verificare necesită mult timp și răbdare, încât se efectuează doar la intervale de timp mari, aparatele fiind robuste și puțin susceptibile la dereglare.

BCU MS / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În cazul nivelmetrelor automate, verificarea orizontalității liniei de vizare în domeniul de funcționare a compensatorului se efectuează tot prin nivelment geometric din mijloc și de capăt, ca mai sus, iar rectificarea erorii se realizează, în general, din șuruburile de rectificare verticale antagoniste ale reticulului, sau prin alte procedee, după tipul aparatului.

6.2.3. Procedeele nivelmentului geometric

Nivelmentul geometric sau direct este caracteristic nivelmentului de precizie și de mare precizie, ca și acelor lucrări de nivelment unde metoda este mai avantajoasă, respectiv în terenurile de șes. Prin nivelment geometric se execută: rețeaua de nivelment de precizie (de bază); rețeaua de nivelment și nivelmentul propriu-zis al orașelor, al terenurilor cu înclinare mică și practic orizontale în vederea irigațiilor, canalizărilor ș.a.; profilele longitudinale și transversale ale căilor rutiere și feroviare, ale apelor ș.a. Procedeele nivelmentului geometric se aleg în funcție de precizia cerută și de condițiile din teren.

Procedeul din mijloc (*Fig. 72*). Pentru aplicarea acestui procedeu sunt necesare un nivelmetru și două stadii. Dacă se dau două puncte, A de cotă cunoscută (H_A) și b de cotă necunoscută și situat mai sus decât A, pe aliniamentul AB și la mijlocul distanței dintre puncte, se așează în stație un nivelmetru, iar în cele două puncte câte o stație. Distanța dintre punctele A și B se numește ***niveleu*** sau ***panou***, iar depărtările dintre nivelmetru și cele două stadii sunt denumite ***portee***. Porteele pot avea lungimi de 50-100 m și numai excepțional de până la 150 m. Se efectuează o citire (a) pe stadia din A și apoi o citire (b) pe stadia din B, în dreptul firului reticular nivelar. Aceste citiri reprezintă distanța în mm dintre suprafața de nivel a punctului și linia orizontală de vizare. Din figură rezultă că:

$$\Delta h_{AB} = a - b \qquad (9.5)$$

Cunoscând altitudinea punctului A, atunci

$$H_B = H_A + \Delta h_{AB} = H_A + (a - b) \tag{9.6}$$

Altitudinea punctului B poate fi obținută și în funcție de altitudinea liniei de vizare (H_V). Din desen, rezultă că:

$$H_V = H_A + a \tag{9.7}$$

încât:

$$H_B = H_V - b = (H_A + a) - b \tag{9.8}$$

Dacă rezultatele obținute cu relațiile (9.6) și (9.8) coincid, se poate considera că altitudinea punctului B a fost bine determinată.

În situația când punctul B necunoscut se află sub nivelul punctului cunoscut A, citirea (b) va fi mai mare decât citirea (a), Δh_{AB} va avea semnul negativ:

$$H_B = H_A - \Delta h_{AB}$$

sau

$$H_B = H_v - b$$

Procedeul din mijloc are și o **variantă** denumită ***nivelment geometric de la egală distanță*** (*Fig. 72*), care se aplică atunci când terenul nu permite staționarea nivelmetrului pe aliniamentul AB ci lateral, dar la o distanță egală de cele două puncte (pe perpendiculara ridicată din mijlocul aliniamentului AB). În acest caz niveleul este mai mare decât distanța AB, dar relațiile pentru calcul sunt aceleași.

Procedeul din mijloc asigură ***precizia*** cea mai mare în executarea nivelmentului geometric, dar valoarea ei diferă în funcție de tipul instrumentului și al stadiei utilizate. Menționăm mai jos (*Tabelul nr. 8* precizia unor nivelmetre indicată de constructor în prospect:

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 8 – Precizia unor nivelmetre la 1 km de dublu nivelment

Grupa de niveluri	Denumirea nivelului şi firea constructoare	Precizia	
		Cu echipament normal şi miră centimetrică	Cu micrometru optic şi miră de invar
1	2	3	4
Niveluri obişnuite	N1-004 (Zeiss-Jena)	-.....	±0,4 mm
	N1-030 (Zeiss-Jena)	±2-3 mm	±0,8
	N1-060 (Zeiss-Jena)	±5-6 mm	.....
	N3 (Wild)	-.....	.....±0,2
	GK (Kern)	±2 mm	..... ±0,5
Niveluri automate	N1-002 (Zeiss-Jena)	± 0,2 mm	..... –
	N1-007 (Zeiss-Jena)	± 2	..... ±0,7 mm
	N1-025 (Zeiss-Jena)	± 2,5	..... –
	N1-050 (Zeiss-Jena)	± 5	..... –
	Koni-007 (Zeiss-Jena)	± 2-3	± 0,5-0,8
	NA2 (Wild)	± 2	..... –
	GK1A (Kern)	± 2,5	-

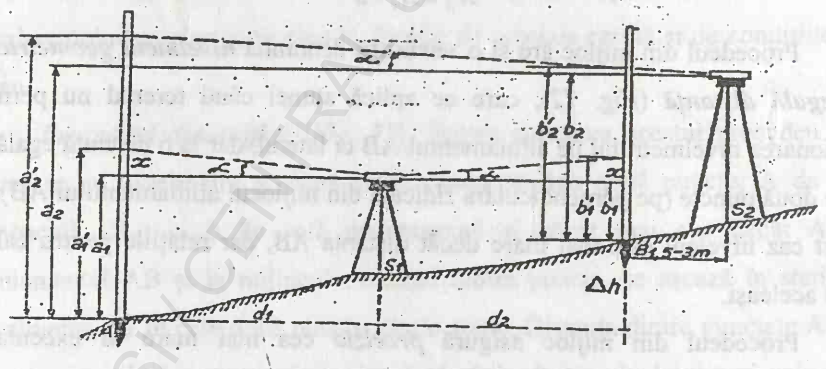


Fig. 71

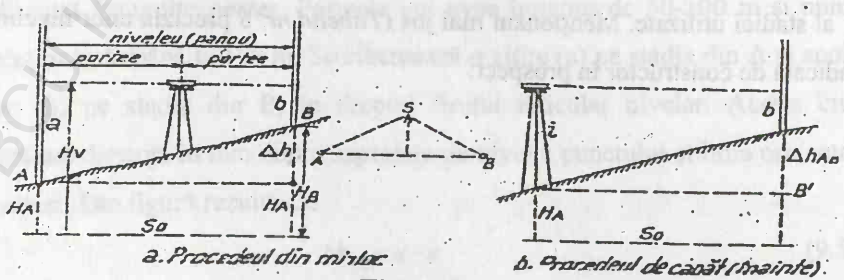


Fig. 72

Fig. 71 - Verificarea paralelismului între axa de vizare a lunetei şi directricea nivelei torice (Or II DD')

a. Procedeul de mijloc

b. Procedeul din capăt (înainte)

Fig. 72 Nivelmentul geometric (direct)

Procedeul din capăt *(înainte)*. În cazul acestui procedeu (*Fig. 72*), niveleul este egal cu porteea. Pentru determinarea diferenței de nivel dintre două puncte, A de cotă cunoscută (H_A) şi B cunoscut, se așează nivelul în stație din capătul A, se măsoară cu o stadie verticală, înălțimea (1) la care se află luneta (axa de vizare a lunetei) şi apoi se efectuează o citire (b) pe stadia din punctul necunoscut B, în dreptul firului reticular nivelor. În cazul când punctul B se află deasupra nivelului punctului A:

$$\Delta h_{AB} = i - b$$

Cunoscând altitudinea punctului A, atunci

$$H_B = H_A + \Delta h_{AB} = H_A + (i - b) \quad \text{sau} \quad (9.10)$$

$$H_B = H_V - b \quad (9.11)$$

Atunci când punctul necunoscut B se află sub nivelul punctului cunoscut A:

$$H_B = H_A - \Delta h \quad (9.12)$$

Precizia acestui procedeu este mai mică decât a celui din mijloc, deoarece valoarea lui (1) se determină cu o precizie de ± 1 cm, în timp ce precizia citirilor pe stadie este de ± 1 mm.

Metodele de nivelment geometric. Punctele a căror cotă se determină pot fi puncte ale rețelei de sprijin, puncte caracteristice pe anumite direcții (nivelment pe profile) sau puncte caracteristice de relief ale unor suprafețe (nivelment de suprafață). După obținerea cotelor, se poate reprezenta grafic relieful terenului pe anumite direcții (profile) sau pe suprafețe.

În vederea efectuării unei ridicări nivelitice, trebuie folosite metode de nivelment. Atunci când punctele trebuie să aibă şi determinarea planimetrică, se

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

urmăreşte ca odată cu ridicarea nivelitică să se efectueze şi ridicarea planimetrică, încât să se mărească randamentul ridicărilor.

Metodele de nivelment geometric mai frecvent utilizate sunt: metoda drumuirii, metoda radierii, metoda profilelor sau combinaţii de drumuri cu radieri, drumuri cu profile etc.

Datele unei ridicări prin nivelment se înscriu într-un carnet cu un tabel tip (*Tabelul nr. 8*).

6.3. Nivelmentul trigonometric *(indirect)*

Principiul nivelmentului trigonometric este acela al liniilor înclinate de vizare.

Nivelmentul trigonometric mai este denumit şi indirect, întrucât diferenţele de nivel dinte puncte se obţin indirect, prin calcule cu ajutorul unor formule trigonometrice.

Precizia nivelmentului trigonometric este mai mică decât aceea a nivelmentului geometric, deoarece pentru calcule este necesară măsurarea în teren a două elemente: distanţa dintre puncte şi unghiul de înclinare (de pantă) a terenului. Totuşi, acesta este tipul de nivelment care se aplică în regiunile accidentate.

(a)

$\Delta_h = \mathbf{D} \cdot \sin \alpha$

$\Delta_h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha$

$\Delta_h = D_s \cdot \sin.\cos \alpha$

(b)

$\Delta_h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - S$

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

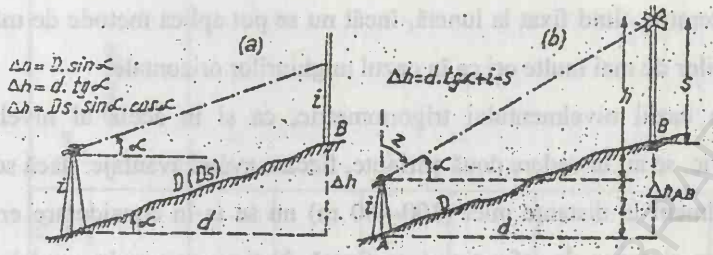


Fig. 73

Fig. 73 – Nivelmentul trigonometric (indirect)

Instrumentele necesare pentru nivelmentul trigonometric sunt acelea ce măsoară distanțe și unghiuri verticale. Distanțele pot fi măsurate și pe cale directă și în aceste cazuri, sunt utilizate etaloane corespunzătoare. Însă pentru rapiditatea măsurătorilor, se utilizează mai frecvent instrumente care servesc atât la măsurarea pe cale optică, indirectă a distanțelor, cât și la determinarea unghiurilor verticale. De aceea, instrumentele cele mai frecvent utilizate sunt ***tahimetrul și mirele topografice.***

Pentru măsurarea unghiurilor verticale cu teodolitul sau tahimetrul, se efectuează citiri la cercul vertical al acestora. În vederea măsurării corecte a unghiului vertical este necesar ca teodolitul-tahimetrul să fie bine verificat în ce privește cercul vertical. Unghiul vertical măsurat se citește cu atât mai exact cu cât reperele zero ale eclimetrului sunt aduse mai corect în poziție orizontală. Calarea reperelor zero ale eclimetrului se realizează cu ajutorul nivelei torice superioare, la tahimetrele clasice și automat, cu un dispozitiv propriu pendular, la aparatele moderne.

În scopul determinării valorii celei mai apropiate de realitate a unghiului vertical și al eliminării erorilor, acesta se măsoară din ambele puncte între care se determină diferența de nivel. Totodată, se are în vedere că cercul vertical nu

este reiterator, fiind fixat la lunetă, încât nu se pot aplica metode de măsurare a unghiurilor de mai multe ori ca în cazul unghiurilor orizontale.

În cazul nivelmentului trigonometric, ca şi în acela al nivelmentului geometric, se au în vedere două variante, fiecare având avantaje: dacă se execută un nivelment la distanţe mici (300-400 m) nu se ia în considerare eroarea de sfericitate şi aceea de refracţie atmosferică, în timp ce nivelmentul la distanţe mari (de peste 400 m) ia în considerare efectul acestor erori. Ca urmare, în topografie, nivelmentul trigonometric se aplică pentru determinarea cotelor unor puncte aflate la distanţe mai mici de 400 m.

Metodele nivelmentului trigonometric sunt similare cu metodele drumuirii şi radierii planimetrice. Ridicările nivelmetrice pe cale trigonometrică se efectuează de obicei simultan cu ridicarea planimetrică pentru următoarele motive:

- nivelmentul trigonometric se execută cu tahimetrul, cu care se realizează şi ridicarea planimetrului;

- elementele esenţiale ale nivelmentului se măsoară de obicei şi pentru necesităţile planimetriei (reducerea distanţelor de orizont);

- în vederea reprezentării reliefului trebuie cunoscută şi poziţia planimetrică a punctelor;

Datele necesare unei ridicări nivelmetrice, combinată cu o ridicare tahimetrică planimetrică, se înscriu într-un carnet cu un tabel tip (*Tabelul nr. 9*).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 9 – Tabelul tip pentru înscrierea datelor unei ridicări prin nivelment geometric

Operator: _____
Instrumentul: Ni-004 Zeiss
Starea atmosferică: bună

Traseul: $P_1 - P_2$
Data: 10 – VI - 1988

Stația	Nr. Punct vizat	Distanțe între punctate	CITIRI PE STADIE						Diferențe de nivel			Cota planului de vizare	Cota	Nr. Punct cotat	Schița / Observații
			Înapoi		Intermed.		Înainte		Proviz. ±	Definitive ±	DRUMUIREA DE NIVELMENT GEOMETRIC $P_1 - P_2$				
			Sus / Jos	Medii	Sus / Jos	Medii	Sus / Jos	Medii							
S1	P1														
	101														
S2	101														
	102														
S3	102														
	103														
S4	103														

POLITEHNICA CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Determinarea diferenței de nivel dintre două puncte, prin nivelment trigonometric, se efectuează în funcție de distanța dintre puncte.

- *În cazul unor puncte situate la distanță mică* (*Fig. 73*) se utilizează, de obicei, vize paralele la suprafața topografică, măsurându-se direct valoarea unghiului de pantă α:

- se atașează tahimetrul în stație, în punctul A de cotă cunoscută;

- se calează cu atenție deosebită nivela superioară și deci reperele zero ale eclimetrului – în cazul unui tahimetru clasic;

- se aduce luneta în poziție orizontală;

- se măsoară cu o stadie plasată în fața obiectivului, înălțimea la care se află luneta (ex. I = 1380 mm);

- se vizează cu firul reticular orizontal (nivelar) pe stadia verticală din punctul B, de cotă necunoscută, la înălțimea (i) a lunetei;

- se blochează ambele mișcări ale lunetei și se realizează punctarea exactă;

- se efectuează citirea unghiului vertical; întrucât viza este paralelă cu linia AB, unghiul vertical citit este egal tocmai cu unghiul de pantă (α) al terenului, având laturile paralele;

- se măsoară apoi distanța dintre punctele A și B, fie pe cale directă (D), fie, mai practic, pe cale stadimetrică (Ds), efectuând câte o citire pe stadie în dreptul firelor stadimetrice orizontale.

Pentru determinarea diferenței de nivel Δh_{AB}, se poate utiliza una din următoarele formule ale trigonometriei plane:

- dacă se ia în considerare distanța măsurată direct (D), atunci

$$\Delta h_{AB} = D \cdot \sin\alpha \qquad (9.13)$$

- dacă se are în vedere distanța măsurată stadimetric (Ds)

$$\Delta h_{AB} = D_S \cdot \sin\alpha\cos\alpha \qquad (9.14)$$

- folosind distanța redusă la orizont (d), care se calculează oricum

$$\Delta h_{AB} = d \cdot tg\alpha \qquad (9.15)$$

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cunoscând cota punctului A(H_A), se poate calcula cota punctuală B, utilizând relația

$$H_B = H_A \pm \Delta h_{AB} \qquad (9.16)$$

Valoarea Δh_{AB} este pozitivă sau negativă, după cum punctul necunoscut se află deasupra ori sub nivelul punctului de cotă cunoscută.

- În cazul unor puncte situate la distanță mare (*Fig. 73*), se obișnuiește a se utiliza viza cu firul nivelor în dreptul bazei capului negru al semnalelor topografice. Ca urmare, indiferent dacă unghiul vertical va fi pozitiv sau negativ, linia de vizare nu va mai fi paralelă cu suprafața topografică. Unghiul vertical măsurat poate fi unghi de înclinare (α) sau unghi zenital (Z), iar distanțele nu se mai măsoară în teren, ci se deduc din coordonatele planimetrice ale punctelor.

Nivelmetrul trigonometric la distanțe mari este specific punctelor de sprijin planimetrice propriu-zise și al rețelei de îndesire prin intersecții.

Când unghiul vertical este pozitiv, din *Fig. 73* rezultă

$$\Delta h_{AB} = h + i - S$$

în care:

$$h = d \cdot tg\,\alpha$$

ca urmare: $\Delta h_{AB} = d \cdot tg\alpha + i - S \qquad (9.17)$

$$H_B = H_A + \Delta h_{AB}$$

$$H_B = H_A + d \cdot tg\alpha + i - S + c \qquad (9.18)$$

$$H_B = H_A + d \cdot ctgz + i - S + c$$

Când unghiul vertical este negativ, relațiile devin:

$$\Delta h_{AB} = d \cdot tg\alpha + 1 - S$$

$$H_B = H_A - \Delta h_{AB}$$

$$H_B = H_A + i - d \cdot tg\alpha - S + c \qquad (9.19)$$

$$H_B = H_A + i + d \cdot ctg\alpha - S + c \qquad (9.20)$$

în care: c = corecția.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acest nivelment trigonometric se mai numeşte, în topografie, **nivelment dus,** adică se duce cota la punctul vizat B.

Atunci când punctul staţiei A este de cotă necunoscută, se utilizează relaţiile:

$$H_A = H_B \pm d \cdot tg\alpha - i_A + S_B - c \qquad (9.21)$$

$$H_A = H_B - d \cdot ctgz - i_A + S_B - c \qquad (9.22)$$

Aceste relaţii se aplică în cazul nivelmentului trigonometric pentru calculul cotelor intersectate înapoi **(nivelment adus).**

Din ultimele patru relaţii se observă că:

- înălţimea S a semnalului la care se vizează are întotdeauna semnul invers înălţimii (i) a instrumentului şi

- corecţia (c) se ia din tabele şi are totdeauna acelaşi semn cu (i).

Exemplu numeric: se dau puncte pe un teren înclinat, A de cotă cunoscută ($H_A = 125{,}000m$) şi B de cotă necunoscută, situate la o distanţă mică şi se cere determinarea cotei punctului B (H_B);

- se aşează teodolitul în staţia A, se măsoară cu stadia înălţimea lunetei (i = 1380 mm);

- vizând pe stadia verticală din B, la înălţimea (i) a lunetei, se determină unghiul de pantă $\alpha = 23^g47^c$ şi distanţa stadimetrică $D_S = 36{,}24m$;

- din tabele speciale se extrag valorile:

$$tg23^g47^c = 0{,}386329$$

$$\sin \cdot \cos 23^g47^c = 0{,}336157$$

$$\cos^2 23^g47^c = 0{,}870132$$

- se efectuează reducerea la orizont a distanţei stadimetrice:

$$d = D_S \cdot \cos^2 \alpha = 36{,}24\ m \cdot \cos^2 23^g47^c = 31{,}53m$$

- cunoscând $H_A = 125{,}00m$, se determină Δh_{AB} şi H_B

$$\Delta h_{AB} = D_S \cdot \sin \cdot \cos 23^h47^c = 36{,}24\ m \cdot 0{,}336157 = 12{,}18\ m,$$

sau $\Delta_{hAB} = d \,.\, tg\alpha = 31{,}53 \,.\, 0{,}386529 = 12{,}18m$, încât

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$H_B = H_A + \Delta h_{AB} = 125{,}00\ m + 12{,}18 = 137{,}18\ m$$

Precizia nivelmentului trigonometric se caracterizează prin erori de ±10 - 15 cm/km când unghiul vertical este măsurat cu un tahimetru cu precizia de 1^c iar distanța se măsoară stadimetric, dar cu instrumente mai perfecționate poate ajunge la ±5 - 2 cm/km.

6.4. Procedee expeditive pentru determinarea unghiului de pantă

Pentru efectuarea unor ridicări expeditive, unghiul de înclinare a terenului poate fi determinat prin mai multe mijloace şi procedee simple. În cadrul unor astfel de ridicări, unghiurile orizontale dintre diversele direcții vizate, pot fi măsurate mai ales cu ajutorul unei busole simple, iar distanțele, fie cu ruleta, cu o sfoară etalonată, sau cu pasul etalonat.

- ***Aprecierea unghiului de pantă din vedere*** este un procedeu aproximativ, care se poate aplica după fixarea în memorie a câtorva pante tipice. Când se apreciază o pantă în teren, trebuie ținut cont de faptul că, privită de jos în sus, o pantă pare mai mare decât este în realitate. Pentru evitarea acestui neajuns, o pantă poate fi apreciată mai bine privind-o lateral şi comparând-o cu valoarea unui unghi etalon cunoscut. Astfel de unghiuri etaloane pentru o comparare pot fi: unghiurile unui echer „tip 60" (*Fig. 74- a*), unghiurile formate între degetele mâinii desfăcute la maximum (*Fig. 74- b*) ş.a.

- ***Determinarea pantei prin compararea diferenței de nivel cu distanța orizontală*** este un procedeu tot simplu, dar mai exact decât cel anterior şi necesită, de asemenea, privirea pantei sau un carnet cu una din margini gradate. Carnetul cu marginea gradată se ține în poziție orizontală, la nivelul liniei pantei. Se măsoară în mm valorile d şi h. Panta terenului va fi exprimată prin raportul $\frac{h}{d}$.

DETERMINAREA EXPEDITIVĂ A UNGHIULUI DE PANTĂ

a) b)

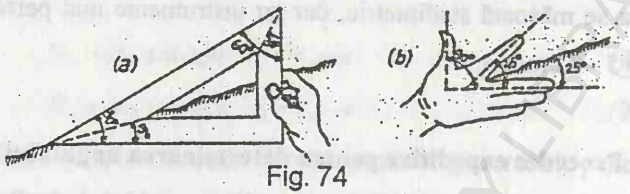


Fig. 74

Fig. 74 - *Aprecierea pantei terenului din vedere*

$$\alpha = \frac{h}{d} \cdot 60$$

d/h	60	30	20	15	12	10	5	4	3	2	1
Panta (α)	1°	2°	3°	4°	5°	6°	12°	15°	20°	30°	60°

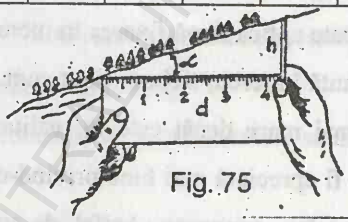


Fig. 75

Fig. 75 – *Determinarea pantei prin compararea diferenței de nivel cu distanță orizontală*

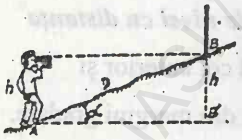


Fig. 76

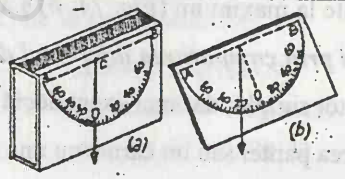


Fig. 77

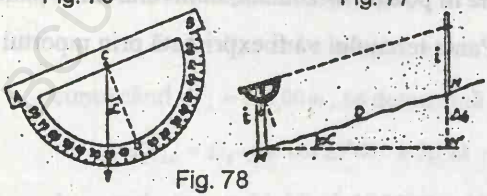


Fig. 78

Fig. 76 Procedeul prin măsurarea
Fig. 77 Eclimetre expeditive din:
a) cutie de distanței (D) în dublii pași chibrituri;
b) placaj
Fig. 78 - Folosirea unui eclimetru dintr-un raportor didactic

ACU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru determinarea unghiului de pantă prin acest procedeu, unii autori *(V. Dragomir şi colab., 1970)* propun utilizarea datelor din tabelul anexat la *Fig. 75*, în care argumentul este numărul ce exprimă de câte ori diferența de nivel (h) este mai mică decât distanța orizontală (d).

Din tabel se constată că valoarea (α) se obține prin împărțirea numărului 60 la raportul $\frac{d}{h}$, de unde rezultă:

$$\alpha = \frac{h}{d} \cdot 60$$

Exemplu numeric: observând o pantă prin procedeul de mai sus, s-au obținut datele: d = 160 mm; h = 30 mm; de aici rezultă:

$$\frac{d}{h} = \frac{180}{30} = 6 \text{ şi } \alpha = \frac{60}{6} = 10^0$$

- Determinarea pantei terenului prin măsurarea unei distanțe. Pentru a determina mărimea pantei terenului între două puncte A şi B (*Fig. 76*), un observator oprit în punctul A după deplasări către un obiect din B sau invers, ținând la nivelul ochilor, în poziție orizontală, marginea unui carnet sau a unei rigle, muchia unei cutii de chibrituri ş.a., priveşte în lungul acestui obiect, până ce observă pe pantă punctul de reper B. Apoi urmează măsurarea distanței AB cu pasul etalonat. Din desen se observă că, în acest caz, diferența de nivel h reprezintă tocmai înălțimea operatorului, care se poate considera egală în medie cu 1,70 m; dacă se are în vedere că lungimea medie a pasului este de 80 cm, se poate aprecia că h = 2 paşi. În triunghiul dreptunghic ABB' se poate scrie că:

$\sin\alpha^o = \frac{h}{D}$, sau $\alpha^o = \frac{h}{D} \cdot \rho^o$

Rotunjind pe ρ^o la 60^0, rezultă: $\alpha^0 = \frac{h}{D} \cdot 60^0$

Întrucât distanța D se măsoară în paşi, ea cuprinde n paşi, deci:

$$\alpha^0 = \frac{2}{n} \cdot 60 \text{ sau } \alpha^0 = \frac{60}{\frac{n}{2}} = \frac{60}{N}$$

în care N = numărul de dubli paşi.

Exemplu numeric: măsurând pe distanţa AB un număr de 30 paşi (deci N = 15), unghiul de pantă va fi :

$$\alpha = \frac{60}{15} = 4^0$$

- ***Determinarea pantei terenului cu ajutorul eclimetrului.*** Eclimetruleste instrumentul topografic folosit la măsurarea unghiurilor verticale. Un eclimetru expeditiv poate fi uşor confecţionat dintr-o cutie de chibrituri (*Fig. 77 – a*), o bucată dreptunghiulară din placaj sau carton (*Fig. 77- b*), ori dintr-un raportor didactic (*Fig. 78*). Pe oricare din ele, se desenează un semicerc cu diviziuni în grade sexagesimale şi precizia în funcţie de mărimea eclimetrului, şi având agăţat un fir cu plumb în centrul C. Diviziunea 0^0 a semicercului se va marca însă la intersecţia perpendicularei ridicate din centrul C cu semicercul în acest fel, unghiul de pantă α se citeşte direct în dreptul firului cu plumb. Pentru o ridicare expeditivă, desigur, cel mai indicat este un eclimetru dintr-un raportor didactic, care, având dimensiuni mai mari, are şi o precizie sporită, de până la 1^0.
- Pentru stabilitate în timpul vizării, acest eclimetru se poate fixa pe un baston vertical, cu înălţimea (i) cunoscută. Vizând cu diametrul A_B al semicercului la înălţimea (i) a bastonului din M, pe o scândură sau un alt baston vertical plasat în punctul M, linia de vizare AB devine paralelă cu panta terenului, încât unghiul citit la firul cu plumb va fi tocmai unghiul de pantă α, având laturile perpendiculare. Măsurând apoi şi distanţa MN = D, pe cale directă cu o ruletă sau cu pasul etalonat, se poate determina şi diferenţa de nivel (Δh_{MN}), utilizând formula

$$\Delta h_{MN} = D \cdot \sin\alpha$$

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6.5 *NIVELMENTUL BAROMETRIC (FIZIC)*

6.5.1. Noţiuni generale

Nivelmentul barometric (fizic) se bazează pe descreşterea presiunii atmosferice cu altitudinea, în medie cu 1 mm la fiecare 11 m în altitudine. Presiunea atmosferică este însă funcţie şi de alţi factori: temperatura şi umiditatea aerului, latitudinea locului etc. Pentru determinarea diferenţei de nivel dintre două puncte, au fost imaginate diverse formule, care înglobează toate aceste elemente. Cele mai cunoscute sunt:

- formula imaginată de Laplace:

$$\Delta h_{1-2} = K \cdot \lg \frac{P^1}{P^2}(1+\alpha t) \qquad (10.1)$$

în care: $\alpha = \frac{1}{273}$ este coeficientul de dilatare a aerului;

$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$, unde t_1 şi t_2 sunt temperaturile măsurate în cele două puncte 1 şi 2;

K = constantă determinată în condiţii diferite, pentru ţara noastră fiind preluat K=18464;

- formula imaginată de I. Babinet, pentru latitudinea de 45^0:

$$\Delta h_{1-2} = 16.000\left[1+\frac{2(T_1+T_2)}{1000}\right]\cdot\frac{P_1-P_2}{P_1+P_2} \qquad (10.2)$$

în care: T_1 şi T_2 = temperaturile măsurate în punctele 1 şi 2;

P_1 şi P_2 = presiunea atmosferică măsurată în punctele 1 şi 2.

Nivelmentul barometric are însă un caracter expeditiv şi de aceea, aceste formule nu sunt convenabile şi operative pentru calcule. Totodată, aplicarea lor necesită măsurarea presiunii atmosferice cu un barometru cu mercur, care asigură precizia cea mai mare, dar care este incomod pentru purtat în teren.

6.5.2. Instrumente pentru nivelment barometric

Pentru determinarea diferenţelor de nivel dintre puncte în teren, trebuie măsurate în principal două elemente: presiunea atmosferică şi temperatura

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

aerului. Ca urmare, instrumentele de bază necesare sunt: barometrul şi termometrul.

Măsurarea temperaturii aerului în lucrările de nivelment barometric trebuie efectuată cu o precizie de 0^0,1.

Barometrul este instrumentul utilizat la măsurarea directă a valorii presiunii atmosferice. Se cunosc trei tipuri principale de la barometru: cu mercur, aneroid şi electric.

a. Barometrul cu mercur folosit în nivelment barometric poate fi de două tipuri: cu rezervor fix (tip Fuess) şi cu rezervor mobil (tip Fertin), ambele funcţionând pe principiul tubului lui Toricelli.

Un astfel de barometru (de ex. tipul Fuess) este alcătuit din: un tub barometric din sticlă (cu L=85 cm şi un diametru mai mare (7-8 mm) în dreptul scării presiunii), prevăzut la partea inferioară cu îngustare (o supapă) care împiedică pătrunderea aerului în spaţiul vid de deasupra meniscului mercurului din tub; un rezervor cu mercur şi o scară barometrică (scara presiunilor), situată la partea superioară a tubului şi divizată din mm în mm. Scara posedă şi un vernier pentru aprecierea zecimilor de mm. În vederea măsurării presiunii atmosferice în teren, acest barometru este prevăzut cu un trepied metalic uşor. Barometrul cu mercur este însă un instrument elegant, de mare precizie, fapt pentru care se utilizează mai mult ca barometru etalon în laboratoare, fiind incomod de purtat în teren.

b. Barometrul aneroid este un instrument care măsoară presiunea atmosferică pe un principiu mecanic, acela al deformării sub influenţa variaţiilor de presiune a uneia sa a mai multor capsule parţial vidate, capsule „Vidi". O asemenea capsulă (*Fig. 79*) constă dintr-o cutie metalică (1), din tablă specială ondulată, pentru a avea o suprafaţă cât mai mare de contact cu aerul înconjurător. Interiorul capsulei este parţial vidat, pentru ea deformarea acesteia sub influenţa presiunii să fie cât mai accentuată şi pentru a anihila variaţiile de temperatură (compensare termică).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

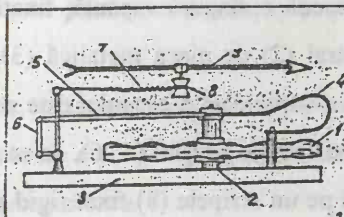


Fig. 79

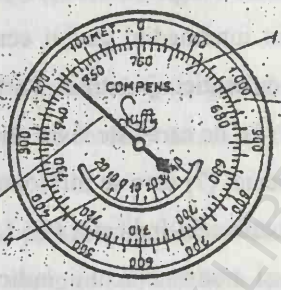


Fig. 80

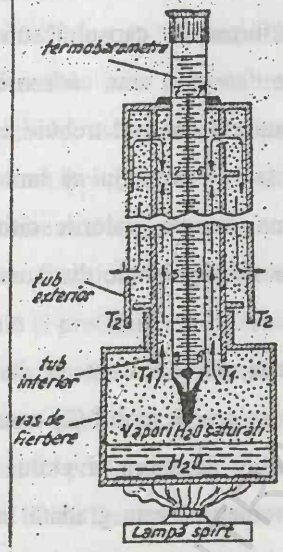


Fig. 81

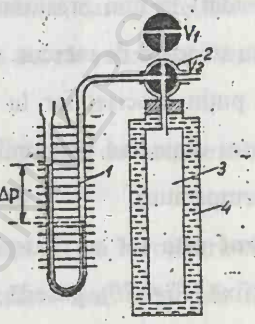


Fig. 82

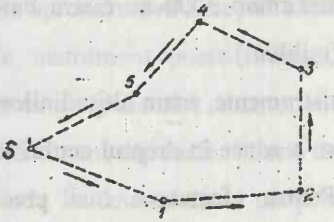


Fig. 83

Fig. 79 - *Schema barometrului aneroid*

Fig. 80 - *Altimetrul compensat „Lufft" (0-1000m) cu precizia scării altitudinilor de 2,5 m*

Fig. 81 - *Schema hipsometrului (după M. Neamțu și colab.)*

Fig. 82 - *Schema statoscopului (după G. Márton și N. Zegheru)*

Fig. 83 - *Drumuire închisă de nivelment barometric*

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Barometrele aneroide simple posedă o singură capsulă, fixată la partea inferioară prin intermediul axului central (2) de placa metalică (3), care este prinsă de fundul cutiei aparatului. Partea superioară a capsulei este cuplată cu o lamă elastică (4), de care este fixat un sistem de pârghii (5; 6), ce se termină cu un lănțișor special (7) care se înfășoară pe un scripete (8) fixat rigid pe un ax al cărui capăt poartă acul indicator (9). Lama elastică (4) şi sistemul de pârghii (5; 6) amplifică şi transmit acului indicator deformațiile capsulei sub influența variațiilor presiunii. Acul indicator se roteşte deasupra unui cadran cu o scală gradată (cerc gradat) în mm presiune. Barometrul aneroid trebuie etalonat în comparație cu un standard de mercur. Aneroidele au avantajul că sunt portabile, în schimb mai puțin precise, iar la cele mai simple, valorile citite trebuie compensate pentru obținerea presiunilor atmosferice. Unele din aneroide sunt compensate pe temperaturi.

- ***Altimetrul*** este tot un barometru aneroid, dar care pe lângă scara barometrică (1) fixă (*Fig. 80*), posedă şi un cerc gradat mobil (2) concentric cu primul, cu diviziuni în metri, indicând altitudini deasupra nivelului mării, de regulă până la maximum 3000 m. Scara barometrică este gradată în mm Hg (torri) sau mbar (milibari).

La unele instrumente, scara altitudinilor se roteşte cu ajutorul unei rozete randalinate, pentru a aduce în dreptul acului indicator (3) al scalei presiunilor o cotă oarecare. Pentru efectuarea mai precisă a acestei operațiuni, unele instrumente moderne sunt prevăzute cu vernier şi lupă. ***Reglarea*** propriu-zisă a ***scării altimetrice*** constă în obligarea acesteia să ne arate, în dreptul acului indicator, cota cunoscută a punctului din teren pe care se aşează altimetrul în vederea reglajului.

Prima operațiune de reglaj a unui altimetru ca şi a oricărui barometru aneroid simplu, constă în ***reglajul scării presiunilor***, care constă în rotirea atentă a acului indicator cu un şurub fin de reglaj aflat pe spatele aparatului, încât

acesta să arate presiunea adevărată dată de un etalon sigur – un barometru cu mercur.

Unele altimetre posedă şi un termometru (4) pentru corecţia de temperatură. La cele mai noi, această corecţie se face automat, fiind denumite ***altimetre compensate.***

Există altimetre construite şi gradate pentru a indica cote de la 0 la 100 m, altele între 0-500 m, 0-1000 m, 0-2000 m sau între 1000-2000 m etc.

Altimetrele au o precizie mai redusă decât aceea a barometrelor propriu-zise. Precizia lor este precizia scării altimetrice, care poate fi de cel mult 2,5-2,0 m. În general, precizia lor este mai mare cu cât ecartul de cotă pentru care au fost construite este mai mic.

Buna funcţionare a altimetrelor depinde, de asemenea, de întreţinerea ireproşabilă şi protejarea împotriva şocurilor.

*c). **Barometrul electric*** este în esenţă tot un barometru aneroid, dar mult perfecţionat; acul indicator cu scala gradată sunt înlocuite de un dispozitiv digital, care dă presiunea atmosferică cu o valoare numerică până la 0,1 mbar, cu o fidelitate bună. Deoarece valoarea aproximativă a treptei barice este de cca. 10 m/mbar, rezultă că un astfel de instrument poate asigura, în nivelmentul barometric, o precizie de $\pm$1 m 1 n cotele punctelor. Instrumentul este alimentat electric cu două baterii uscate de 1,5 V convenţionale. El este deosebit de indicat în măsurătorile geodezice prin unde la determinarea cu precizie a presiunii atmosferice şi deci a diferenţelor de nivel.

Alte instrumente pentru determinarea diferenţelor de nivel pe baza măsurării presiunii atmosferice:

- ***Hipsometrul*** *(termobarometrul)* este unul din cele mai simple şi totodată din cele mai sigure instrumente pentru determinarea presiunii atmosferice. Hipsometrul *(hypsos=fierbere)* funcţionează pe principiul fizic al dependenţei temperaturii de fierbere a apei distilate de presiunea atmosferică. Experimentul

s-a stabilit că o variație de 1^0C a punctului de fierbere a apei distilate este dată de relația liniară:

$$P = 760 + \frac{t^0 - 100}{0{,}0375} \qquad (10.3)$$

în care 0,0375 este așa numita constantă hipsometrică.

În esență, un hipsometru se compune (*Fig. 81*) dintr-un vad de fierbere a apei distilate în care este introdus un tub interior (T_1), peste care se află un tub exterior (T_2), între ele existând un spațiu de circulație a vaporilor de apă; prin partea superioară este introdus un termobarometru, cu rezervorul de mercur în contact numai cu vaporii apei.

Pentru măsurători în diferite condiții de relief, de la șes până la munte, trusa hipsometrului trebuie să posede două termobarometre: unul pentru presiuni ridicate, cu scara 600-800 mm Hg, iar celălalt pentru presiuni joase, cu scara 400-600 mm Hg. Verificarea hipsometrului constă în determinarea constantei adiționale a scării termometrice, aceasta fiind operațiunea de etalonare, care trebuie făcută cu un standard cu mercur. Desigur hipsometrul nu este practic pentru determinările curente în teren, dar odată efectuată etalonarea lui, care rămâne valabilă mult timp, el poate servi la verificarea zilnică a barometrelor aneroide și altimetrelor, care sunt cele mai folosite în teren.

- ***Altimetrul interferențial*** este unul din cele mai precise instrumente de nivelment barometric construite până în prezent. În principiu, este capabil să măsoare diferențe de nivel cu o precizie de până la 10 cm, întrucât înregistrează variații de presiune până la 0,01 mm Hg și chiar mai mici. În esență, este un barometru aneroid, dar la care deformațiile capsulelor Vidi se măsoară cu o înaltă precizie, utilizând interferența luminii într-o pană optică de aer. Acest instrument poate servi în măsurătorile precise de diferențe de nivel, în topografie și geodezie, în geofizică și geologie, aviație, meteorologie, fizica atmosferei, etc.

- ***Statoscopul*** este un barometru diferențial folosit la determinarea diferențelor de înălțime ale centrelor aerofotogrammetrice față de o cotă dată, pe

principiul de măsurare a diferenței de presiune atmosferică corespunzătoare variației de zbor. Principalele părți componente sunt (*Fig. 82*); un tub de sticlă (1) în formă de U umplut cu un lichid ușor; tubul are un capăt deschis și un capăt unit printr-un ventil (2) cu un recipient (3), care se află într-o butelie de termos (4), umplută cu apă și gheață pentru a menține aerul din ea la aproximativ 0^0C. Modificarea presiunii cu o valoare Δp, determină diferența dintre nivelurile lichidului din cele două coloane ale tubului care se citește pe o scală (5) gradată în mm. Precizia de determinare a diferențelor de înălțime între centrele de proiecție ale două fotograme succesive este de cca. 2 m.

6.5.3. Metodele și precizia nivelmentului barometric

Metoda cea mai frecvent folosită la nivelmentul barometric este aceea a ***drumuirii*** închise sau deschise. ***Drumuirea închisă*** se execută cu pornirea dintr-un punct de stație B de cotă cunoscută și închiderea pe același punct, în timp ce ***drumuirea deschisă (legată)*** se sprijină pe două puncte de cotă cunoscută – un punct de pornire și altul la închidere. Cel mai adesea este utilizată metoda drumuirii închise. Determinările propriu-zise de altitudini se efectuează fie cu un altimetru, fie cu o garnitură alcătuită dintr-un barometru aneroid, un termometru, un ceasornic și desigur, un carnet de teren.

O drumuire de nivelment barometric se poate executa prin două ***procedee:*** procedeul cu un singur altimetru (sau garnitură) și procedeul cu două altimetre.

Asemenea drumuiri se sprijină fie pe cotele unei hărți topografice, fie pe repere de nivelment existente în zonă.

- ***Procedeul cu un singur altimetru*** este cel mai comod, mai simplu și deseori utilizat. În cazul cel mai obișnuit de executare a unei drumuiri închise de nivelment barometric cu un singur altimetru (*Fig. 83*), se procedează astfel:

- se alege un punct de plecare S de cotă cunoscută pe o hartă topografică de ex. Hs = 582,5 m;

- se așează altimetrul în poziție orizontală deasupra punctului S;

- se roteşte scara altitudinilor până când diviziunea 582,5 m ajunge în dreptul acului indicator al barometrului aneroid, notând în carnet şi valoarea presiunii atmosferice şi a temperaturii aerului;

- se parcurge apoi traseul drumuirii şi în punctele necunoscute 1,2,3,4 şi 5 cu altimetrul în mână, se citeşte valoarea altitudinii în dreptul acului indicator;

- pentru închiderea drumuirii şi control se revine în punctul de plecare S şi se citeşte din nou altitudinea.

Dacă făcând diferenţa între altitudinea citită la închidere (H_S') şi aceea citită la plecare (H_S) în punctul de sprijin S rezultă o diferenţă, ea se consideră eroare nivelitică (e_n) şi se procedează la compensarea drumuirii nivelitice.

Exemplu numeric: cunoscând cota punctului B la pornire H_S = 582,5 m şi aceea citită la închidere H_S'=597,5 m, rezultă o eroare nivelitică

$$e_n = 597{,}5 - 582{,}5 = +15m$$

Se calculează corecţia (c) ce se va aplica în progresie aritmetică şi cu semnul schimbat, deci negativ, făcând raportul între valoarea erorii nivelitice şi numărul punctelor drumuirii (6) astfel:

$$e = \frac{+e_n}{6} = \frac{+15m}{6} = +2{,}5m$$

Corecţia se va aplica scăzând în progresie valoarea 2,5 m din valoarea cotelor tuturor punctelor 1,2,3,4 şi 5, ca şi din cota punctului S citită la închidere (H_S'), realizând astfel egalizarea drumuirii şi corectarea cotelor citite în punctele necunoscute 1,2,3,4 şi 5, conform *Tabelului 10*.

TABELUL 10. Compensarea unei drumuiri închise de nivelment barometric cu un singur altimetru

Puncte	Cota punctului de sprijin H_S	Cotele citite la altimetru	Corecţia c	Valoarea cotelor corectate
1	2	3	4	5
S	582,5	582,5 m	-	582,5 m
1	-	671,5	-2,5 m	669,0
2	-	723,0	-5,0	718,0
3	-	832,5	-7,5	825,0
4	-	712,0	-10,0	702,0
5	-	623,5	-12,5	621,0
S'	-	597,5	-15,0	582,5

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- ***Procedeul cu două altimetre*** asigură o precizie mai bună şi se poate aplica în două variante: cu un altimetru fix şi al doilea purtat şi cu ambele altimetre purtate, prima fiind cea mai folosită. În ambele variante sunt necesari doi operatori.

În cazul executării unei ***drumuiri deschise (legate),*** sprijinită pe două puncte de cotă cunoscută, A la pornire şi B la închidere şi folosind ***varianta cu un altimetru fix şi un altimetru mobil,*** pentru determinarea cotelor punctelor 1,2,3,4...n, se procedează astfel: în punctul de staţie A, ambii operatori îşi reglează altimetrele la cota cunoscută H_A, după carè un lucrător va rămâne în punctul A până la terminarea ridicării, iar al doilea se va deplasa pe traseu până la închiderea drumuirii în punctul B, dar ambii efectuând măsurători la intervalele de timp stabilite de comun acord. Apoi, având marcată pe o hartă poziţia punctelor în care a efectuat măsurătorile, operatorul plecat pe traseu se întoarce în punctul A pentru a confrunta din nou instrumentele. Pentru stabilirea erorii citirile înregistrate în punctul fix A. O asemenea drumuire se aplică în cazul unor trasee parcurse în maxim 3 ore, în care presiunea atmosferică poate avea variaţii în ambele sensuri.

Precizia nivelmentului barometric este cea mai mică în comparaţie cu aceea a celorlalte două tipuri de nivelment. Nivelmentul barometric dă ipotetic rezultate bune numai dacă: punctele se află pe aceeaşi coloană atmosferică, citirile se fac simultan iar timpul este frumos.

Precizia propriu-zisă ***este condiţionată de precizia măsurării presiunii atmosferice.*** Presiunea se modifică însă şi în timp (variaţii normale de ± 2 mm/zi şi accidentale de câţiva mm în câteva ore), impunând necesitatea eliminării erorilor în determinările de cote. Pentru aceasta se acordă o mare atenţie înregistrării erorii de închidere a drumuirilor şi se recomandă ca închiderea drumuirii să se realizeze după cel mult 1-2 ore de la începere, timp în care se presupune că presiunea atmosferică s-a modificat normal sau accidental într-un singur sens. De asemenea, se recomandă ca determinările cu altimetrul să nu se

efectueze pe timp de ploaie, ninsoare, furtună etc., în timpul cărora se produc modificări rapide ale presiunii atmosferice.

Având în vedere că precizia măsurării presiunii atmosferice poate fi de până la 0,1 mm Hg, căreia îi corespunde o diferență de nivel de 1,1-1,4 m, rezultă că precizia nivelmentului barometric poate fi de cel mult: $\pm$1,6m la Δh=50m; $\pm$1,7m la Δh=100m; $\pm$1,8m la Δh=200m şi $\pm$4m la Δh=1000m. În practică, această precizie este mult mai mică, uneori de 2-5 ori.

Aşadar, nivelmentul barometric are o precizie modestă, ceea ce îl recomandă ca nivelment expeditiv (informativ). Totuşi, precizia sa satisface necesitățile unui mare volum de lucrări nivelitice în terenuri foarte accidentate, împădurite, acoperite etc., în care este mult utilizat, viteza sa de lucru fiind aproximativ egală cu viteza de deplasare a celor ce efectuează măsurători barometrice.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lucrarea practică nr. 7

7. CUNOAŞTEREA ŞI MÂNUIREA APARATAJULUI DE FOTOGRAMMETRIE

7.1. Generalităţi

Fotogrammetria este ştiinţa care se ocupă cu reconstituirea şi măsurarea formei şi poziţiei obiectelor şi fenomenelor în spaţiu şi în timp pe baza imaginilor fotografice ale acestora, în vederea obţinerii planurilor şi hărţilor topografice.

Obiectul cel mai frecvent reconstituit şi măsurat prin fotogrammetrie este suprafaţa Pământului. De aceea, fotogrammetria este, alături de geodezie şi topografie, o disciplină a ştiinţei măsurătorilor terestre.

Fotogrammetria, la fel ca topografia, este o tehnică de ridicare propriu-zisă, intensivă a teritoriilor cu detaliile ce le conţin, sprijinindu-se pe punctele reţelei geodezice. Însă, fotogrammetria realizează planuri şi hărţi topografice după fotografii speciale ale terenului, denumite fotograme, prin prelucrarea acestora în laborator, cu aparatură adecvată, scurtându-se durata şi sporindu-se mult randamentul ridicărilor.

Fotogrammetria cuprinde mai multe ***subdiviziuni***, ce se deosebesc după diverse criterii.

Astfel, după domeniul de aplicabilitate se deosebesc: ***fotogrammetria topografică*** şi ***fotogrammetria netopografică.***

Fotogrammetria topografică poate fi împărţită după două criterii: a) după modul de obţinere a fotogramelor: ***geofotogrammetria şi aerofotogrammetria***; b) după modul de exploatare a fotogramelor: ***fotogrammetria planigrafică*** şi ***stereofotogrammetria.***

7.2. Fotograma

Fotograma (fotografia metrică) este, din punct de vedere geometric, o proiecţie (perspectivă) centrală.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din punct de vedere tehnic, față de o fotografie obișnuită, fotograma este o imagine fotografică obținută în condiții speciale și care prezintă anumite proprietăți metrice.

Fotogramele se obțin prin fotografierea terenului cu camere fotografice metrice, care posedă obiectivele special construite și sunt situate fie la sol, în puncte fixe (obținându-se ***geofotogramele),*** fie în aeronave special amenajate (obținându-se ***aerofotogramele).***

Fotograma înregistrează și redă starea obiectelor și proceselor de pe suprafața terestră pe durata timpului de expunere, care este foarte scurtă, de ordinul sutimilor de secundă. De aceea, ea este o imagine statică instantanee și obiectivă a suprafeței terestre.

Fotogramele pot fi color sau în alb-negru (nuanțe de gri), ultimele fiind cele mai folosite.

Formatul, mărimea și elementele de identificare

Fotograma este imaginea fotografică a unor obiecte sau fenomene pe un clișeu; ea este o fotografie metrică, păstrând caracteristicile metrice ale obiectelor. În practică, cele mai utilizate sunt fotogramele sub formă de copii pozitive de contact, pe hârtie fotografică de obicei mată.

Forma și mărimea fotogramei corespunde cu dimensiunile clișeului. Astfel, geofotogramele au format dreptunghic, cu dimensiunile 9 x 12 cm, 10 x 15 cm, 13 x 18 cm ș.a., iar aerofotogramele – care sunt cele mai utilizate, au formatul pătratic, cu dimensiunile 30 x 30, 23 x 23, 18 x 18 și mai rar 14 x 14 cm.

Camerele fotoaeriene sunt montate în aeronave și au axa optică fie verticală, fie cu o înclinare față de verticală (respectiv, față de direcția nadirală). În funcție de poziția axei optice a camerei fotoaeriene se obțin diferite ***tipuri de aerofotograme***: ***verticale*** sau ***nadirale***, ***înclinate*** și ***panoramice***. În practică, cele mai utilizate sunt aerofotogramele verticale (*Fig. 86*) sau nadirale, având proprietăți geometrice superioare.

IOAN IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

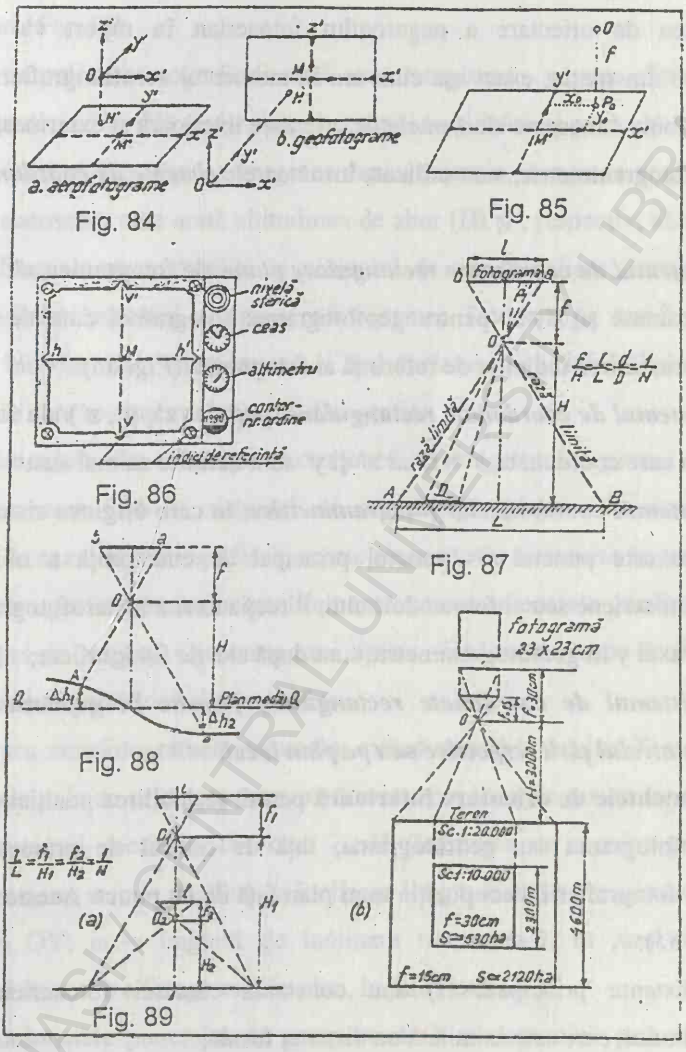


Fig. 84 – Sistemele de coordonate ale fotogramelor (a) aerofotograme; b) geofotograme)

Fig. 85 – *Elementele de orientare interioară ale aerofotogramei*

Fig. 86. - Datele necesare utilizării aerofotogramei

Fig. 87. – Determinarea scării aerofotogramelor pentru terenuri orizontale

Fig. 88. – Determinarea scării aerofotogramelor pentru terenuri accidentate

Fig. 89 – a,b -. Influența distanței focale a camerei fotoaeriene

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Aerofotogramele pot fi utilizate corect numai dacă se cunoaşte posibilitatea de orientare a negativului fotoaerian în raport cu axele de coordonate din spaţiu, exact aşa cum era în momentul aerofotografierii. Pentru aceasta trebuie cunoscute elementele de orientare interioară şi exterioară.

În fotogrammetrie, sunt utilizate următoarele ***sisteme de coordonate*** (*Fig. 84*):

- ***sistemul de coordonate rectangulare plane*** ale fotogramei, x', y' pentru aerofotogramme şi x', z' pentru geofotograme; fotogramei date de direcţiile obţinute prin unirea indicilor de referinţă ai fotogramei (*Fig. 86*);

- ***sistemul de coordonate rectangulare spaţiale*** (x', y', z') ale fotogramei aeriene, în care coordonate z' = f, iar x' şi y' sunt definite ca mai sus;

- ***sistemul coordonatelor fotogrammetrice,*** în care originea sistemului de coordonate este punctul O (punctul principal de emergenţă a obiectivului camerei fotoaeriene sau al fototeodolitului; direcţia axei z în aerofotogrammetrie şi aceea a axei y în geofotogrammetrie sunt după axa de fotografiere;

- ***sistemul de coordonate rectangulare folosite în geodezie*** (X,Y,Z) ***adoptat la nivelul ţării respective sau pe plan local.***

Elementele de orientare interioară permit restabilirea poziţiei pe care o avea aerofotograma sau geofotograma, faţă de centrul de proiecţie G, în momentul fotografierii, deci poziţia unui plan faţă de un punct. Aceste elemente sunt (*Fig. 85*):

- distanţa principală (f) sau constanta camerei fotoaeriene ori a fototeodolitului, care este asimilată cu distanţa focală;

- coordonatele x_0, y_0 ale punctului principal P_0, în sistemul de coordonate al fotogramei (x', M', y'), punct care se află la intersecţia axei optice a camerei foto cu planul fotogramei.

Ambele elemente sunt cunoscute: distanţa focală (f) este înregistrată pe fotogramă, iar coordonatele x_0, y_0 ale punctului principal se determină pe baza axelor de coordonate date de unirea indicilor de referinţă vv' şi hh', care sunt

nişte semne înregistrate prin fotografiere la colţurile sau la mijlocul laturilor fotogramei (*Fig. 86*).

În timpul aerofotografierii, mai sunt înregistrate, pe una din marginile aerofotogramei (*Fig. 86*) şi alte date necesare identificării şi exploatării acesteia: imaginea unei nivele sferice; imaginea unui ceasornic; imaginea unui altimetru şi a unui statoscop, care arată altitudinea de zbor (H) şi , respectiv, abaterea faţă de altitudinea de zbor stabilită în proiectul de aerofografiere; imaginea unui contor, indicând numărul şi seria aerofotogramei. Totodată, pe aerofotogramme mai sunt înscrise: data calendaristic şi nomenclatura trapezului Gauss la scara 1:25.000 în care se situează teritoriul fotografiat.

Elementele de orientare exterioară a fotogramelor permit stabilirea poziţiei acestora faţă de sistemul de coordonate adoptat, de exemplu cel geodezic. În cazul aerofotografierii, aceste elemente nu se cunosc în prealabil.

Pentru geofotograme, aceste elemente sunt coordonatele geodezice X, Y, Z ale staţiei de priză şi orientarea axei optice, fiind relativ uşor de determinat prin măsurători geodezice şi topografice.

Pentru aerofotogramele verticale, având direcţiile axelor X şi Y de pe teren, elementele de orientare exterioară sunt: coordonatele punctului O (X_0 ,Y_0 ,Z_0), în sistemul geodezic, din care Z_0=H (înălţimea de aerofotografiere) şi unghiurile φ, ω, α (φ = unghiul de înclinare longitudinală a fotogramei, deci în jurul axei OY; ω = unghiul de înclinare transversală, în jurul axei OX; α =unghiul de rotire a fotogramei în plan, în jurul axei OZ).

Coordonatele punctului de perspectivă O se determină prin măsurători indirecte, utilizând puncte terestre identificabile pe fotogramă, cărora li se cunosc coordonatele geodezice X,Y, Z şi care se numesc ***puncte de reperaj fotogrammetric.***

Scara aerofotogramelor

Între elementele geometrice ale aerofotogramei şi teren, se pot stabili relaţii matematice precise.

Astfel, în cazul aerofotogramelor verticale şi al unui teren orizontal, din *Fig. 83* se observă că triunghiurile AOB şi aOb sunt asemenea, încât se poate scrie relaţia:

$$\frac{f}{H}=\frac{l}{L}=\frac{d}{D}=\frac{1}{N}=scara \quad (14.1)$$

în care:

f = distanţa focală a camerei fotoaeriene (constantă);

H = înălţimea de zbor deasupra terenului (relativă);

l = lungimea laturii aerofotogramei;

L = lungimea corespunzătoare din teren;

d = o distanţă pe aerofotogramă;

D = distanţa corespunzătoare din teren;

N = numitorul scării de proporţie

Din relaţia de mai sus rezultă că scara unei aerofotogramme poate fi dedusă în funcţie de mai multe elemente.

Astfel, în ***cazul unui teren plat***, poate fi utilizată relaţia:

$$\frac{1}{N}=\frac{f}{H}\rightarrow N=\frac{H}{f} \quad (14.2)$$

deci făcând raportul dintre înălţimea de zbor şi distanţa focală a camerei fotoaeriene, ambele exprimate în aceeaşi unitate de măsură.

În ***cazul unui teren accidentat***, înălţimea de zbor H se consideră faţă de un plan mediu de referinţă. Din *Fig. 88* rezultă că pentru un punct A situat deasupra nivelului mediu QQ', distanţa de la obiectiv la sol este $H-\Delta h_1$, iar pentru un punct B situat pe o formă de relief mai joasă decât acelaşi plan mediu, această distanţă este de $H+\Delta h_1$. Ca urmare, în funcţie de poziţia punctelor din teren faţă de planul mediu de referinţă, formula scării va fi:

$$\frac{1}{N}=\frac{f}{H\pm\Delta h} \quad (14.3)$$

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

Aşadar, în cazul terenurilor accidentate, scara de proporţie a aerofotogramelor este mai mare pentru formele de relief mai înalte şi mai mică pentru formele de relief mai joase.

În concluzie, scara aerofotogramelor variază invers proporţional cu înălţimea de zbor şi direct proporţional cu mărimea distanţei focale a camerei fotoaeriene (de priză).

Din *Fig. 87* şi *Fig. 89* se observă că între înălţimea de zbor şi distanţa focală a camerei fotoaeriene există o strânsă legătură.

Din *Fig. 89-a*, rezultă că

$$\frac{l}{L}=\frac{f_1}{H_1}=\frac{f_2}{H_2}=\frac{1}{N}=scara, \text{ sau } \frac{f_1}{f_2}=\frac{H_1}{H_2} \qquad (14.4)$$

ceea ce înseamnă că, pentru obţinerea unor aerofotogramme la aceeaşi scară, având acelaşi format şi acoperind aceeaşi suprafaţă de teren, în condiţiile în care diferenţa focală scade, este necesară şi micşorarea înălţimii de zbor.

Totodată, din *Fig. 89 –b* , reiese că, folosind camera cu distanţe focale diferite de la aceeaşi înălţime se zbor, se obţin aerofotogramme la scări diferite, respectiv, suprafeţele de teren înregistrate diferă cu inversul pătratului raportului distanţelor focale ale camerelor.

Practica arată că scara aerofotogramelor este valabilă progresiv cu înclinarea axei de fotografiere şi cu accidentaţia terenului. Ca urmare, aerofotogramele nu au totdeauna o scară cartă, ci doar una aproximativă, medie.

Realizarea fotogramelor

În geofotogammetrie, fotogramele se obţin din puncte de staţie fixe cunoscute sau determinabile în coordonatele X,Y,Z cu camere simple (fototeodolite) sau cu camere stereofotogrammetrice (stereocamere).

Geofotogrammetria este un domeniu mai limitat deoarece se pretează mia ales pentru regiunile cu relief accidentat (versanţi abrupţi, faleze, ravene, coaste) şi pentru probleme speciale (ridicări miniere, arhitectură ş.a.).

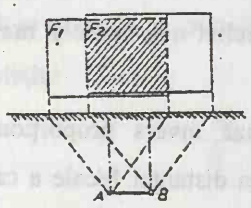


Fig. 90

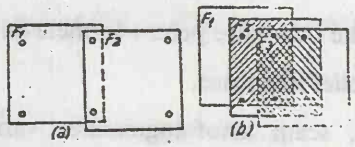


Fig. 91

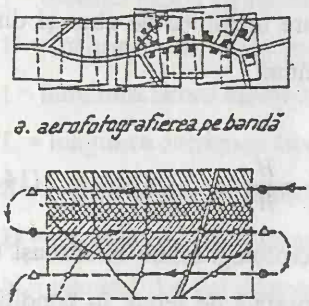


Fig. 92

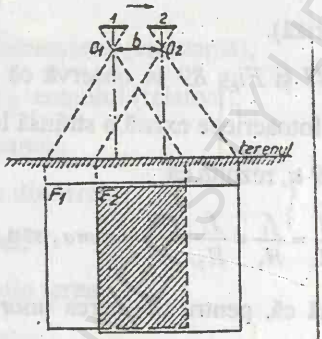


Fig. 93

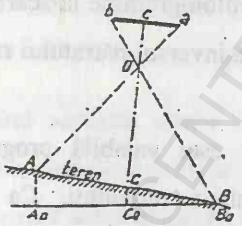


Fig. 94

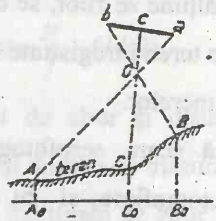


Fig. 95

Fig. 90 Obţinerea stereogramelor terestre (a) aerofotografierea pe bandă b)aerofotografierea pe suprafaţă)
Fig. 91 Dispunerea reperilor: a. pentru fotoredresare ; b. pentru stereorestituţie

Fig. 92 Metode de aerofotografiere

Fig. 93 Obţinerea stereofotogramelor aeriene

Fig. 94 Transformarea proiecţiei centrale în proiecţie paralelă, în cazul terenurilor plane
Fig. 95 Proiectarea ortogonală a punctelor în cazul terenurilor accidentate

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În teren se realizează fie fotograme singulare, fie mai ales, cupluri de fotograme cu suprapunere parțială (stereofotograme sau stereograme).

Pentru obținerea unui cuplu de stereograme, fotografierea terenului se efectuează staționând succesiv cu fototeodolitul în ambele capete ale unei baze de fotografiere AB (*Fig. 90*).

În teren se măsoară lungimea bazelor de fotografiere cu o precizie mia mare de 1:4000 (1 mm/4 m), iar în final se determină cu mare exactitate și coordonatele capetelor bazelor.

Legătura între teren, fotograme și reprezentările cartografice se realizează prin intermediul unor puncte de reper. Ca urmare, în teren se procedează la plantarea unor mărci - reperi fotogrammetrici, necesari la exploatarea fotogramelor, avându-se în vedere ca pe fiecare fotogramă să apară imaginea a cel puțin 4+1 reperi, iar pe o stereogramă 3+1 reperi (*Fig. 91*).

Reperii fotogrammetrici sunt puncte ușor identificabile în teren și pe fotograme și ale căror coordonate X;Y;Z sunt determinate cu mare precizie. Pentru obținerea imaginii reperilor pe geofotograme, în teren se plantează o serie de panouri cu diverse semne vopsite, sub forma de cercuri sau cruci ș.a.

Realizarea aerofotogramelor

Aerofotogramele se obțin cu ajutorul unor camere fotoaeriene instalate de obicei într-un avion, încât punctele de priză nu mai sunt fixe și marcate și nici cunoscute dinainte, ca în cazul ridicărilor geofotogrammetrice.

Aerofotogrammetria are un scop sinonim cu acela al topografiei, cu deosebirea că folosește mijloace tehnice noi și metode ce permit creșterea randamentului ridicărilor. Totodată, aerofotogrammetria redă, prin imagini fotografice mai complete, cele mai mici detalii ale terenului, putând fi utilizate apoi pentru orice scopuri economice.

Aerofotografierea terenului se realizează din avioane aerofotogrammetrice special amenajate, ce se deplasează cu o viteză de până la 300 km/oră şi la înălţimi de zbor (H) de 600-1800 m (chiar 6000 m).

Această operaţiune se execută conform unui proiect de aerofotografiere.

Înălţimea de zbor (H) se calculează faţă de un plan mediu de referinţă al terenului, pornind de la formula scării aerofotogramelor, din care rezultă că:

$$H = n.f \qquad 14.5$$

Valorile n se aleg în funcţie de numitorul scării planurilor şi hărţilor topografice (N), ce se obţin prin stereorestituţia aerofotogramelor astfel:

Tabelul nr.11. Scara medie a aerofotogramelor

Nr.crt	Scara planului sau hărţii topografice 1:N	Scara medie a aerofotogramelor 1:n
1.	1:2.000	1:7.000 – 1:9.000
2.	1:5.000	1:11.000 - 1:14.000
3.	1:10.000	1:16.000 - 1:20.000
4.	1:25.000	1:25.000 - 1:30.000
5.	1:50.000	1:35.000 - 1:44.000
6.	1:100.000	1:50.000 - 1:63.000

Totodată, înălţimea de zbor este determinată şi de mărimea distanţei focale (f) a camerei fotoaeriene.

Pentru exploatarea lor corectă, aerofotogramele trebuie orientate interior şi exterior.

Elementele de orientare interioară (distanţa focală f şi punctul central M) se cunosc dinainte.

Elementele de orientare exterioară, care definesc fotograma în spaţiu, nu se cunosc şi de aceea orientarea exterioară se realizează în funcţie de punctele de reper care fac legătura între fotograme şi teren. ***Punctele de reperaj fotogrammetric*** pot fi puncte uşor identificabile atât pe fotograme cât şi pe teren: intersecţii de linii (garduri, poteci), colţuri (de garduri, clădiri, poduri), capete de tarlale etc., care sunt mai stabile. Aceste puncte se aleg în număr de cel puţin patru fiecare fotogramă, spre colţuri, li se determină coordonatele

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

X,Y,Z pe cale topologică, în cadrul rețelei geodezice, se înțeapă pe fotogramă și se încercuiesc.

Atunci când terenul nu oferă suficiente astfel de puncte (suprafețe mari cu păduri compacte etc.), înaintea efectuării zborului de aerofotografiere, se execută ***premarcajul*** unor puncte de reper. Operațiunea constă în aplicarea sau marcarea pe teren, cu var sau vopsea albă, a unor reperi artificiali, a unor semne în formă de cruci, cercuri, pătrate etc., de dimensiuni cât mai mari. Apoi se determină coordonatele geodezice ale acestor reperi prin metode geodezice și topografice.

În funcție de necesități, ridicările aerofotogrammetrice se execută în mai multe moduri, din care cele mai des practicate sunt:

a) ***Ridicarea aerofotogrammetrică pe benzi*** *(șiruri de fotograme).* În acest caz, aerofotografierea se execută în lungul unor aliniamente sau trasee sinuoase; căi de comunicații, artere hidrografice ș.a. (*Fig. 92-a*). După terminarea zborului, se obține un șir de aerofotogramme, fiecare având un anumit procent de acoperire longitudinale cu fotogramele vecine. Fiecare porțiune de teren apare fotografiată de două ori, pe fotogramele vecine, dar din unghiuri diferite (*Fig. 93*). Aceasta permite obținerea în laborator a imaginilor stereoscopice și prelucrarea fotogramelor în cupluri cu suprapunere parțială pentru realizarea de planuri topografice având și curbe de nivel.

b) *Aerofotografierea pe suprafață (șiruri de benzi alăturate)* se aplică pentru terenuri cu suprafață care, a căror lățime depășește câmpul de cuprindere a avionului într-o singură trecere. În acest caz, suprafața de teren se împarte pe hartă în mai multe benzi paralele, care au o acoperire laterală (transversală) de cca. 30%, avionul urmând să zboare succesiv în lungul axei fiecărei benzi (*Fig.92-b*). În urma fotografierii terenului, se asigură o suprapunere longitudinală (a_x) între fotogramele vecine din aceeași bandă de cca. 33%, pentru cazul când vor fi prelucrate una câte una, prin reducere, în scopul obținerii unui plan fără curbe de nivel, deci în cupluri cu suprapunere parțială.

Aerofotografierea se execută obişnuit pe direcţia est-vest, în anotimpul cald, în zilele senine şi la orele potrivite, când obiectele lasă pe sol o umbră lungă, ceea ce uşurează calculele necesare efectuării zborului şi exploatării fotogramelor.

După obţinerea aerofotogramelor, se întocmeşte un ***mozaic,*** prin aşezarea lor una peste alta şi pe benzi, ţinând seama de suprapunerile parţiale, astfel încât detaliile din teren să aibă continuitate. Fotogramele se fixează pe planşetă cu ace de gămălie, la colţuri, apoi se numerotează cu guaş alb în ordinea lor (dintr-o serie mare), cu precizarea inclusiv a seriei din care fac parte şi a anului fotografierii. Apoi mozaicul se fotografiază la o scară în jur de 1:100.000 , pe un format de 20 x 30 cm, astfel încât să poată fi identificate fotogramele cu scrisul de pe ele. Acest mozaic redus reprezintă piesa de evidenţă a fotogramelor, cât şi pentru evidenţa şi controlul lucrărilor ce se vor efectua în teren sau în laborator.

7.3. Lucrări de fotogrammetrie planigrafică

Fotogrammetria planigrafică este ramura fotogrammetriei care are ca scop redarea pe planuri sau hărţi sau sub formă fotografică a elementelor da planimetrie din teren, prin exploatarea fotogramelor una câte una. În final se obţin planuri fără curbe.

Redresarea aerofotogramelor

Aerofotograma, ca proiecţie centrală a suprafeţei terestre, poate fi asimilată cu o proiecţie ortogonală numai în cazul când aceasta este perfect nadirală (axa fotocamerei a fost perfect verticală), iar terenul este plan orizontal (*Fig.94*). În practică însă, aceste condiţii rareori pot fi îndeplinite, imaginile fotografice fiind afectate de deformări perspective şi datorate neregularităţilor reliefului. În vederea exploatării corecte a fotogramelor mai mult sau mia puţin înclinată, este necesară transformarea lor în fotograme riguros nadirale şi înlăturarea deformărilor cauzate de accidentaţia reliefului, deci obţinerea

imaginii terenului în proiecție ortogonală la o scară aleasă, operațiune care se numește ***redresare.***

Din *Fig. 95* se observă că punctele a și b, simetrice față la punctul central o, se proiectează în plan în A_o și B_o, la distanțele diferite de C_o.

De asemenea, este evident că după câte o singură aerofotogramă nu se poate obține decât redarea planimetrică a terenului (fără relief). Prin această metodă se obține fotoplanul.

În funcție de caracteristicile reliefului, metodele de redresare a aerofotogramelor se pot grupa astfel: metode de redresare clasică (simplă), pentru terenuri plane și metode de redresare diferențială, pentru terenuri accidentate.

Redresarea clasică poate fi: redresare optico-grafică (cu camera clară etc.) și redresare optico-mecanică sau fotoredresare (cu fotoredresatoare).

Redresarea diferențială poate fi redresare pe zone și redresare pe benzi (cu fotoredresatoare diferențiale).

În funcție de aparatura de care dispunem, prezentăm un caz în continuare:

- ***Redresarea simplă optico-grafică***

Problema care se pune în cadrul redresării simple este aceea de a prelucra acele fotograme pe care deformările datorate diferențelor de nivel sunt neglijabile.

Prin redresare se efectuează o transpunere proiectivă dintr-un plan în altul, de la planul fotogramei la planul unei mese de proiecție. Operațiunea se realizează pe baza unor relații matematice ș a opt parametri sau elemente, care sunt coordonatele planimetrice x, y ale patru puncte determinate în teren.

Redresarea optico-grafică este una din cele mia raționale metode de redresare simplă. Prin această metodă se realizează transformarea fotogramei înclinate în fotogramă nadirală, la scara stabilită, în mod simultan, pentru toate punctele imaginii. Ea constă în proiectarea cu un aparat optic simplu a imaginii fotogramei pe o planșetă orizontală, pe care se fixează o hârtie de desen, având

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

trasat un caroiaj rectangular la o scară aleasă şi care foloseşte la redactarea grafică a planului. Fotogramele se prelucrează una câte una, iar pentru reuşita operaţiunii, este absolut necesar ca pa fiecare fotogramă componentă a unui mozaic să existe imaginea a cel puţin patru puncte de reperaj fotogrammetric.

Unul din cele mai utilizate aparate de reperaj pentru redresare optico-grafică este ***camera clară*** model „Lutz" (Zeiss-Jena) (*Fig. 96*). Principalele părţi componente ale acestui aparat sunt: 1-stativul; 2-tija verticală gradată; 3-şurub cremalieră; 4-braţ orizontal gradat;5-sistemul optic de proiecţie format dintr-o prismă dublă; 6-orificiul de deasupra prismei; 7-placa port-fotogramă; 8-sursa de lumină; 9-trusa cu lentile şi filtre de lumină. Tija verticală şi braţul orizontal cu gradaţii servesc la reglarea distanţei dintre prismă şi fotogramă (d) şi distanţa (d') dintre prismă şi planşetă, iar placa port-fotogramă este astfel montată, încât permite rotirea în orice sens.

În vederea redresării, după montarea camerei clare (*Fig. 97*), se aduce placa port-fotogramă în poziţie verticală şi se fixează pe e, cu ajutorul unor magneţi, aerofotograma pe care sunt mărcate cel puţin 4 puncte de reperaj fotogrammetric (B_1,B_2,B_3, B_4). Se plasează apoi sub prismă, pe planşetă, caroiajul rectangular întocmit la scara stabilită a viitorului plan topografic şi având rapoarte după coordonatele X,Y, aceleaşi 4 puncte de reperaj fotogrammetric. Privind prin orificiul de deasupra prismei se va urmări, prin tatonări repetate, aducerea scării fotogramei la scara carotajului, iar liniile aparente corespunzătoare ale fotogramei şi planului să fie paralele.

Pentru reglarea mai exactă a distanţelor (d) şi (d'), se măsoară cu o riglă pe plan şi pe fotogramă două-trei distanţe între punctele corespunzătoare şi se calculează raportul de scară cu formula:

$$n = \frac{L_p}{L_f} \qquad 14.6$$

în care: L_p = lungimea măsurată pe plan

L_f = lungimea corespunzătoare măsurată pe fotogramă

Exemplu: $L_p = 1,8$ cm

$L_f = 4,5$ cm

de unde $n = \frac{2}{5} = 0,4$

Dacă între cele 2-3 rapoarte parțiale există diferențe, se calculează raportul mediu de scară.

Pentru diverse valori ale raportului m, se aleg din tabelul de mai jos (*Tabelul 12*) distanțele corespunzătoare d și d'.

De asemenea, în același tabel sunt prevăzute și dioptriile lentilelor ce pot fi atașate la nevoie în montura prismei.

Tabelul nr 12 – Datele caracteristice pentru raportul de scară plan-fotogramă (n)

n	Distanța		Numărul dioptriilor	
	d- prisma-fotogramă (cm)	d' Prismă-plan (cm)	pe partea fotogramei	pe partea planului
0,4	40	18,0	-2,0	+2,0
0,5	40	21,5	-2,0	+1,0
0,6	40	24,8	-2,0	+1,0
0,7	36	25,7	-1,0	0,0
0,8	32	25,8	-1,0	0,0
0,9	28	25,0	-0,5	0,0
1,0	25	24,4	0,0	0,0
1,5	18	24,0	+2,5	0,0
1,75	16	24,0	+3,5	0,0
2,0	16	27,0	+3,5	-1,0
2,5	16	32,7	+3,5	-1,5
2,7	15	32,9	+4,0	-2,0

În continuare, privind cu ochiul cât mai aproape de orificiul de deasupra prismei, operatorul va observa suprapuse deasupra planșetei de sub prismă, atât imaginea fotogramei cu cele 4 puncte de reperaj, cât și imaginea caroiajului cu aceleași repere și imaginea creionului de desen. Din momentul în care, după rotirea plăcii port fotograme în diferite direcții, se va observa suprapunerea celor 4 puncte de pe fotogramă cu acelea de pe caroiaj, fotograma se consideră redresată și se va putea începe desenarea detaliilor dorite pentru întocmirea planului.

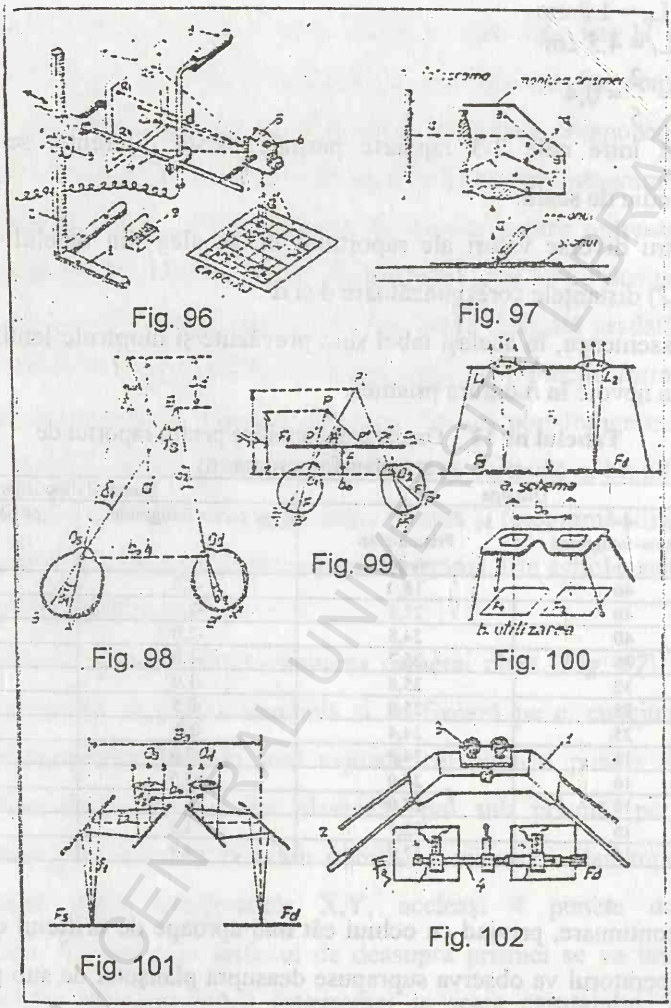


Fig. 96 - Camera clară „Lutz" (Zeiss-Jena)

Fig. 97 - Principiul camerei clare

Fig. 98 - Schema vederii stereoscopice naturale directe

Fig. 99 - Schema vederii stereoscopice indirecte

Fig. 100 - Stereoscopul de buzunar (a - schema; b – utilizarea)

Fig. 101 - Schema stereoscopului *cu oglinzi*

Fig. 102 - Stereoscopul cu oglinzi şi stereomicrometrul „Jena-Mirror" Zeiss

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În vederea obținerii unor imagini mai clare, în prealabil se va roti manșonul lămpii electrice până când se va obține aceeași intensitate luminoasă pentru fotogramă și plan (caroiaj).

Camera clară este folosită pe scară largă la ***reambularea hărților*** și planurilor. În acest scop, se așează harta sau planul vechi pe o planșetă orizontală, astfel ca centrul zonei ce se va reambula să fie la circa 20 cm de marginea mesei; se plasează apoi aparatul cu fotograma la zi deasupra hărții și se mișcă până când prisma va ajunge deasupra mijlocului zonei de reambulat.

Principalul produs al redresării este planul fotogrammetric, care se poate realiza cu o precizie de 0,2-0,3 până la 1 mm.

Datorită dificultăților în lucrul cu camera clară, aceasta este înlocuită însă tot mia mult cu aparatele simplificate de restituție create special, pentru scopuri de reambulare.

7.4. Lucrări de stereofotogrammetrie

În vederea transformării informațiilor fotografice cuprinse pe fotograme într-o hartă, deci o reprezentare grafică, trebuie în primul rând ca acestea să fie constituite în perechi aparținând aceleiași benzi, cu o acoperire longitudinală de aproximativ 66% numite stereograme și în al doilea rând să fie folosite aparate care să rezolve automat și continuu ecuațiile matematice de legătură între coordonatele punctelor imagine de pe fotograme și coordonatele punctelor corespunzătoare de pe teren și hartă.

Stereofotogrammetria este ramura fotogrammetriei care se ocupă, în principal, cu realizarea planurilor și hărților topografice având și curbe de nivel, prin prelucrarea fotogramelor în cupluri cu suprapunere parțială, operațiune denumită ***restituție stereofotogrammetrică.***

Poziția spațială a obiectelor și fenomenelor fotografice (forma și dimensiunea lor) se pot obține prin .anumite metode studiate de

stereofotogrammetrie. Aceste metode au şi avantajul că permit obţinerea în laborator chiar reliefului obiectelor fotografiate.

Vederea stereoscopică naturală. Perceperea poziţiei spaţiale a diferitelor obiecte este apanajul vederii binoculare ce formează imaginile unui obiect pe retina ochilor, fără ca ele să fie identice, deoarece fiecare ochi reprezintă un alt punct de privire, iar între aceste două puncte de observare se află o distanţă (b_o) numită baza oculară, sau distanţa interpupilară, care la om este în medie de 55-72 mm. Profunzimea vederii stereoscopice (raza vederii) este limitată la cca. 450 m, iar distanţa normală a vederii stereoscopice este de 25 cm. Din schema vederii stereoscopice naturale (*Fig.98*), se observă că, având în vedere centrele de protecţie O_S şi O_d, ale ochilor stâng şi drept, situate la o distanţă (b_0), pentru observarea unui punct A situat la o distanţă (d), axele optice ale celor doi ochi se îndreaptă spre acest punct unde se înregistrează instinctiv sub un unghi γ_A. Punctul A se proiectează pe retină în punctele A' şi A''. Unghiul de convergenţă γ_A depinde de depărtarea punctului A şi de baza oculară (b_o); cu cât punctul A este mai aproape, unghiul γ_A este mai mare şi invers; dacă punctul A se află la infinit, γ_A=0 deci axele oculare vor fi paralele.

Cristalinul ochiului posedă capacitatea de acomodare, şi anume de a-şi modifica instinctiv curbura şi ca urmare şi distanţa focală, pentru obţinerea unor imagini clare ale unor obiecte situate la diverse distanţe. Astfel, simultan cu punctele către care sunt îndreptate axele oculare, se văd clar şi alte puncte din apropiere, de exemplu punctul B, care formează pe retina imaginile B' şi B'', cu unghiul de convergenţă γ_B şi care se află mai aproape de baza oculară cu o valoare Δ_d faţă de punctul A. Diferenţa dintre unghiurile de convergenţă γ_A şi γ_B, respectiv unghiurile δ_1 şi δ_2 formează paralaxa unghiulară orizontală:

$$\Delta\gamma = \gamma_B - \gamma_A == \delta_1 - \delta_2 \qquad (14.7)$$

Diferența dintre segmentele A'B' și A''B'' reprezintă paralaxa orizontală (p_v) și arată diferența de lungime pe cele două retine, care dă indicii asupra impresiei profunzimii. Valoarea profunzimii depinde de mărimea paralaxei orizontale. La distanța vederii normale (25 m) se pot sesiza diferențe de adâncime mai mici de 0.1 mm. Cea mai mică valoare a paralaxei stereoscopice unghiulare ce se poate sesiza este cuprinsă între 50^{00} și 75^{00} și se numește acuitate vizuală.

Vederea stereoscopică artificială (indirectă)

Pentru vederea stereoscopică indirectă, celor doi ochi li se oferă în locul imaginilor spațiale reale, imagini central-perspective ale obiectelor sub forma unor fotografii plane, mai exact un cuplu de fotograme cu suprapunere parțială (*Fig.99*). Cele două fotograme conjugate (F_1 și F_2) alcătuiesc o stereoimagine (stereogramă), iar prin așezarea și observarea lor adecvată, se obține modelul stereoscopic (imaginea tridimensională), însă, pentru obținerea impresiei de relief, trebuie îndeplinite cele trei ***condiții ale vederii stereoscopice indirecte***:

- fotogramele unui obiect să fie înregistrate din două unghiuri diferite, fiecare fotogramă să fie observată separat cu câte un ochi, fotograma din stânga numai cu ochiul stâng, iar cea din dreapta numai cu ochiul drept (separarea imaginilor conjugate);
- plasarea în anumite poziții a celor două fotograme (= orientarea reciprocă sau relativă) una față de cealaltă și respectiv față de baza de observație;
- efectul de convergență cerut de vederea stereoscopică să nu depășească efortul cerut la vederea liberă (directă) sau să se încadreze în limite acceptabile (= condiția optico-fiziologică).

În tehnica fotogrammetrică, în general nu se constituie întru-totul condițiile vederii stereoscopice naturale ci se caută să se exagereze impresia de relief stereoscopic prin diverse mijloace ca: mărirea bazei de aerofotografiere și

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

a bazei de observare a celor două fotograme conjugate; prin intermediul sistemelor măritoare (de grosisment) folosite la observarea celor două stereograme.

Dacă aceste condiții sunt îndeplinite, fotogramele se pot așeza față de ochi la distanța vederii naturale și observatorul percepe un model spațial ca în cazul vederii stereoscopice naturale. Însă pentru realizarea fără efort mare de acomodare la infinit a ochilor a vederii stereoscopice a fotogramelor au fost imaginate de diferite mijloace și procedee. În fotogrammetrie și-au găsit aplicarea procedeele optice care, prin sisteme optice, s-au prin natura ori compoziția razelor de lumină asigură observarea separată a fotogramelor. Dintre acestea, amintim: stereoscoapele, procedeul anaglifelor și al polaroidelor .

- **Stereoscoapele** reprezintă cele mai simple mijloace optice pentru observarea stereoscopică a fotogramei. În clasificarea aparatelor de stereorestituție după precizia lor, stereoscoapele sunt aparate expeditive.

Efectul stereoscopic se obține prin privirea binoculară separată a fotogramelor cu suprapunere parțială ce alcătuiesc un cuplu. Cele mai utilizate stereoscoape sunt:

Stereoscopul de buzunar (*Fig.100*) posedă în esență, două lentile convergente, montate pe un cadru, la o distanță egală cu distanța interpupilară medie și permite observarea stereoscopică a unor cupluri de fotograme mici (14x14 cm), sau a unor porțiuni mici din fotograme de format mare;

Stereoscopul cu oglinzi permite observarea unui cuplu de stereograme, deoarece în calea razelor, între calea razelor, între imagini și lentilele convergente, sunt intercalate două oglinzi înclinate la 50^g față în față, ceea ce mărește baza oculară. Această mărime a bazei oculare nu influențează efectul stereoscopic deoarece nu modifică structura metrică a fotogramelor. În *Fig. 101* este dată schema stereoscopului cu oglinzi, fiind notate cu b_O- baza oculară și cu B_S- baza stereoscopică. La noi este utilizat frecvent stereoscopul cu oglinzi „Jena-Mirror" Karl Zeiss (*Fig. 102*), căruia îi este atașat ca instrument – anexă

independentă un ***stereomicrometru*** (de unde şi denumirea de „stereoscop cu oglinzi şi stereomicrometru"). Cu ajutorul stereomicrometrului se efectuează diverse măsurători pe cuplul de fotograme şi în esenţă operaţiunea de stereorestituţie a acestora.

Acest tip de stereoscop cu oglinzi se compune din următoarele părţi (*Fig.102*): o cutie (carcasă) de protecţie a oglinzilor (1), cu patru picioare metalice de suport, unul fiind telescopic (2); pe partea superioară a cutiei, la mijloc se află două orificii cu două lentile, situate la distanţa interpupilară medie, deasupra cărora se plasează un sistem de observare, cu două binoculare (3), ca au rolul de a mări imaginile stereofotogramelor F_S şi F_d conduse în sus de cele două perechi de oglinzi faţă în faţă. Aceste piese, demontate, se păstrează într-o cutie specială, împreună cu stereomicrometrul (4). Aparatul montat pentru lucru, poate fi plasat fie pe un pupitru iluminat, fie pe o masă cu tablă feroasă, ce permite fixarea fotogramelor cu magneţi.

În vederea observării imaginii cuplului de stereograme, după montarea stereoscopului pe masa (pupitrul) de lucru, se aşează fotogramele astfel încât, fotograma din stânga (F_S) să se afle sub oglinda mare din stânga, iar fotograma din dreapta (F_d) sub oglinda din dreapta.

Pentru orientarea fotogramelor şi obţinerea mai rapidă a imaginii stereoscopice, se recomandă a se proceda astfel: privind prin binoclul stâng, se plasează stereograma din stânga (F_S) cu mijlocul părţii comune sub oglinda din stânga, având umbra obiectivelor de pe ea înainte (direcţia N) şi latura de jos paralelă cu marginea cutiei de protecţie; se fixează aceasta fotogramă definitiv cu magneţi sau ace de gămălie; apoi, privind prin ambele binoculare, se deplasează uşor fotograma din dreapta, până când se obţine impresia de relief ***(efectul stereoscopic normal - ortoscopie)***. Dacă cele două fotograme ale cuplului s-ar aşeza sub stereoscop în poziţie inversă, s-ar obţine efectul stereoscopic invers (pseudoscopie), astfel că văile vor apărea creste înalte şi

invers. După obținerea imaginii stereoscopice şi fixarea celor două fotograme, între acestea se poate plasa o hârtie de desen.

În vederea efectuării unor măsurători şi desenării detaliilor viitorului plan (restituție grafică) se plasează apoi stereomicrometrul bară de paralaxă (stereotrasor) deasupra cuplului de fotograme.

Un ***stereomicrometru*** este alcătuit din următoarele piese (*Fig. 103*): partea cea mai importantă este constituită dintr-un dispozitiv de măsurare a paralaxelor compus dintr-o scală sau bară de măsură (1) şi un şurub micrometric (2) numit şi şurubul paralaxei orizontale; pe fiecare din aceste componente se află fixat câte un dispozitiv-suport (3,4) cu rolul de a menține pe plan plăcuțele de cristal port – mărci (5,6), pe fiecare fiind gravate pe trei mărci (semne) identice în formă de cerc, cruce şi punct, operatorul, privind prin binoculare, poate utiliza – pentru urmărirea detaliilor de pe stereograme, una din perechile de mărci. Distanța dintre plăcuțele port-mărci poate fi reglată rin deplasarea plăcuței din stânga (6), cu şurubul de reglaj din stânga (7), după deblocarea şurubului de fixare (8). Plăcuța port-marcă din dreapta (5) este mobilă, câmpul său de cursă fiind de 35 mm iar deplasarea sa comandată prin rotirea butonului de la şurubul micrometric (2) situat în aceeaşi parte a barei, cât şi prin şurubul paralaxei verticale (9). Deplasarea pentru măsurători se efectuează față din scările (10) şi (11), care posedă gradații milimetrice şi respectiv micrometrice; prima scară (10) are gradații direct în milimetri, iar a doua, (11) este gradată în unități a câte 0,05 mm. Intervalul mare dintre gradații permite cu uşurință estimări de 0,02 mm. Scările şi reperele (indecşii) de citire sunt gravate pe suprafețe neşlefuite, ceea ce evită reflexii neplăcute. Pe bara de măsură (1), se află fixat, la mijloc, un suport port-creion (12), în care se introduce creionul de desen (13), cu două greutăți deasupra (14) şi care permite raportarea grafică a conținutului stereogramelor pe hârtia plasată între acestea. Cu ajutorului stereomicrometrului, se aplică metoda de restituție grafică, directă a stereofotogramelor.

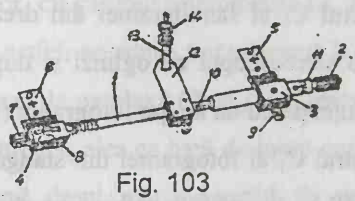


Fig. 103

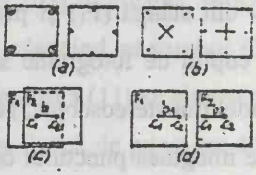


Fig. 104

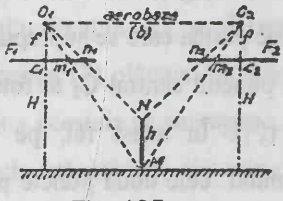


Fig. 105

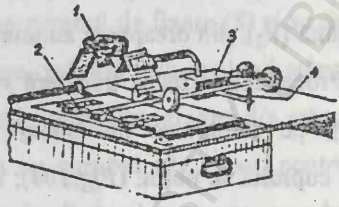


Fig. 106

Fig. 103 - *Stereomicrometrul*

Fig. 104 - *Determinarea punctului central şi a liniei de zbor*

Fig. 105- *Măsurarea diferenţie de paralaxă*

M-baza unui obiect din teren; N- vârful obiectului; m_1, m_2 – imaginile bazei şi n_1n_2 – imaginile vârfului obiectului pe aerofotograme; f – distanţa focală; F_1,F_2 – aerofotogramele cuplului stereoscopic; c_1,c_2 – punctele centrale ale aerofotogramelor; N – înălţimea de zbor; b – aerobaza; O_1,O_2 – punctele de perspectivă (de aerofotografiere); b – înălţimea obiectului MN

Fig. 106 - *Stereopantometrul „Zeiss-Jena"*

Modul de lucru cu stereoscopul cu oglinzi şi stereomicrometru

După montarea stereoscopului cu oglinzi, în vederea utilizării corecte a cuplului din stereograme, trebuie efectuată mai întâi ***determinarea punctului central (principal)*** al fotogramelor şi al liniei de zbor. În acest scop se iau în considerare cei 4 indici de simetrie situaţi în colţurile sau la mijlocul laturilor fotogramelor. Cu un ac, se înţeapă cele 4 mărci încât se transferă pe spatele alb al fotogramei; apoi se unesc (*Fig.104*) două câte două prin cate o linie subţire la intersecţia celor 2 linii aflându-se punctul central căutat, care printr-o înţepătură cu acul se va transfera pe faţa fotogramei. Se obţin astfel punctul central C_1 al

stereogramei din stânga (F_1) şi punctul C_2 al stereogramei din dreapta F_2. Se aşează apoi cuplul de fotograme sub stereoscopul cu oglinzi şi după obţinere corectă a modelului stereoscopic, se înţeapă cu un ac, pe fotograma (F_2) în locul unde se vede imaginea punctului central C_1 al fotogramei din stânga F_1; astfel, punctul central al primei fotograme (F_1), din stânga, a fost transferată şi pe a doua fotogramă (F_2), din dreapta şi anume pe partea care se suprapune cu prima fotogramă. Procedând la fel se transferă şi punctul central C_2 al fotogramei din dreapta (F_2), pe fotograma din stânga (F_1). În acest fel, pe fiecare din fotogramele cuplului se obţin: (*Fig.104*); unind cele două puncte printr-o linie dreaptă, se obţine direcţia liniei de zbor, iar distanţa dintre ele va reprezenta mărimea fotobazei b (baza de aerofotografiere).

- ***Determinarea altitudinii reliefului cu ajutorul diferenţei de paralaxă.*** În sens larg, paralaxa reprezintă deplasarea relativă a imaginii unui obiect în urma deplasării observatorului, respectiv în urma unghiului de privire. Paralaxa stă la baza vederii stereoscopice, întrucât imaginile recepţionate de cei doi ochi nu sunt identice, între ei existând o distanţă interpupilară medie de 65 mm. În aerofotogrammetrie, această distanţă este înlocuită cu baza de aerofotografiere **b** (***aerobaza*** sau ***fotobaza***), care este mult mai mare (de câteva sute de metri). Ca urmare, paralaxa este exagerată, încât apare şi exagerarea verticală a stereomodelului.

Privind imaginea virtuală a unui model stereoscopic, se constată că există o diferenţă între distanţele dintre două puncte analogice şi distanţa **b** dintre punctele centrale (C_1,C_2) ale celor două stereograme (*Fig.105*). Această diferenţă reprezintă ***diferenţă de paralaxă,*** care se poate ,măsura cu ajutorul stereomicrometrului (*Fig. 103*), denumit şi bară de paralaxă. Diferenţa de paralaxă este utilizată la determinarea înălţimii obiectelor (h) şi a diferenţei de nivel dintre două puncte, deci a altitudinii punctelor din teren.

În acest scop, după ce s-au efectuat orientarea stereogramelor, având determinate punctele centrale (C_1 şi C_2), se aşează stereomicrometrul deasupra

fotogramelor, cu şurubul micrometric (2, *Fig.103*) în dreapta, procedându-se în continuare astfel: se aduce micrometrul la 0, răsucind cu şurubul (2) până când pe scara barei de paralaxă (9) şi scara micrometrică (11) se citeşte diviziunea 0; dacă aparatul şi-a ales ca bară de lucru cea în formă de punct, se aduce, privind prin ocularul drept marca-punctul de pe plăcuţa din dreapta peste centrul fotogramei din dreapta (c_2); se slăbeşte şurubul de fixare (8) şi se deplasează cu şurubul de reglaj (7) plăcuţa din stânga, privind prin ocularul stâng, până când marca-punct a acesteia se suprapune cu centrul fotogramei din stânga (c_1), după care se blochează plăcuţa din stânga cu şurubul (8). Apoi, pentru măsurarea paralaxelor longitudinale (orizontale) ale diverselor puncte, se aduc cele două mărci-punct de pe ambele plăcuţe în coincidenţă cu cele două imagini omoloage ale punctului considerat, din cele două fotograme conjugate, acţionând de şurubul micrometric (2). În momentul în care cele două mărci se văd stereoscopic ca una singură (deci suprapuse) se citeşte la stereomicrometru valoare paralaxei orizontale (p_x), citirea fiind în mm şi în sutimi de milimetru.

Pentru determinarea înălţimii (h) a unui obiect, se va putea utiliza relaţia:

$$h = \frac{p_x \cdot H}{b + p_x} \qquad (14.8)$$

în care: h = înălţimea obiectului (în metri)

H = înălţimea de zbor, cunoscută (în metri)

P_x = diferenţa de paralaxă (în mm), care se măsoară

b = fotobaza, care se poate măsura pe cuplul de stereograme (în mm)

fotobaza (b) se determină astfel: se măsoară cu rigla, în mm, pe ambele fotograme, ca fiind distanţa între punctele centrale c_1 şi c_2 (Fig. 104) şi se calculează media, cu relaţia:

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} \qquad (14.9)$$

Exemplu: dacă se cere determinarea înălţimii (h) a unui obiect MN (un turn) şi deci diferenţa de nivel dintre punctele M şi N, pe un cuplu de fotograme

conjugate, luate de la înălțimea de zbor H=900 m și pe care s-a măsurat fotobaza b= 95,2 mm (*Fig. 105*) se procedează astfel:

- se aduce una din mărcile-punct în dreptul vârfului N al turnului MN;

- cu mâna dreaptă, privind mereu prin binoclu, se răsucește șurubul micrometric (2) ale stereomicrometrului, spre înainte, până când cele două, mărci-punct se văd suprapuse exact la înălțimea vârfului turnului;

- se efectuează citirea paralaxei la stereomicrometru, de exemplu p_N = 20,75 mm, compusă din: numărul de mm întregi (20 mm) care se citesc pe scara de la mijlocul barei de paralaxă (9), plus zecimile și sutimile de milimetru care se citesc pe tamburul cu scară micrometrică (11).

- apoi, se răsucește micrometrul (2) spre sine, până când marca-punct coboară la nivelul bazei (M) a turnului, efectuând o nouă citire a paralaxei, care va fi mai mică decât prima, de ex. P_M=18,75 mm.

- se calculează distanța de paralaxă p_x astfel:

$$p_x = p_N - p_M = 20{,}75\text{-}18{,}75 = 2 \text{ mm}$$

- se introduc datele în relația (14,8) calculând înălțimea turnului (h), care este similară cu diferența de nivel (Δ h) dintre M și N:

$$h = \frac{p_x H}{b + p_x} = \frac{2mm \cdot 900\,\text{m}}{95{,}2mm + 2\,\text{mm}} = \frac{1.800.000\,mm}{97{,}2\,\text{mm}} = 18{,}5m$$

Procedând în același mod, se poate determina diferența de nivel (Δ_h) dintre două puncte ale terenului, A de cotă cunoscută (H_A) și B necunoscut; în final, adăugând $\pm\,\Delta_h$ cotei punctului A, se va calcula cota punctului B.

Stereopantometrul (*Fig. 106*) este un alt aparat de restituție expeditivă, reprezentând o formă perfecționată a stereoscopului cu oglinzi și stereomicrometrul, la care părțile componente principale sunt legate între ele. Stereoscopul cu oglinzi (1) și stereoscopul (2) sunt montate solidar pe un cărucior (3), care se deplasează pe un dispozitiv cu role, atât de-a lungul axului stereomicrometrului, respectiv a bazei de aerofotografiere (axa OX), cât și perpendicular cu aceasta (axa OY). De asemenea de cărucior se află fixat un braț

exterior, având la capăt un creion de desen (4). Aparatul, ca şi fotogramele, se plasează deasupra unui pupitru cu geam mat şi iluminat.

Pentru obţinerea modelului stereoscopic, în prealabil se stabileşte, pe fiecare stereogramă, direcţia liniei de zbor, după care cuplul se aşează pe geamul mat al pupitrului cu baza de fotografiere paralaxa cu baza oculară b_0 a stereoscopului.

În vederea obţinerii detaliilor de planimetrie, se apucă mijlocul stereomicrometrului cu mâna stângă şi se deplasează marca în lungul detaliilor planimetrice, menţinând-o permanent pe suprafaţa modelului stereoscopic, prin acţionarea, cu mână dreaptă a şurubului paralaxei orizontale (şurubul micrometric). În timpul deplasării mărcii, creionul exterior desenează detaliile urmărite pe o hârtie plasată dedesubt.

Cu stereopantometrul se pot efectua atât determinarea diferenţelor de nivel dintre puncte, cât şi ***trasarea curbelor de nivel***, operaţiune pentru care, valoarea paralaxei orizontale (p_x) ce corespunde fiecărei curbe de nivel (echidistanţa) ce calculează cu relaţia:

$$p_x = \frac{H.\Delta_h}{b} \qquad (14.10)$$

şi se fixează la stereomicrometrul. Pentru aceasta, trebuie cunoscut însă raportul dintre înălţimea de zbor (H) şi baza de aerofotografiere (b), deci $\frac{H}{b}$.

În acelaşi scop, se poate utiliza relaţia:

$$p_x = \frac{h \cdot b}{H - h} \qquad (14.11)$$

în care: p_x = diferenţa de paralaxă orizontală (în mm);

h = diferenţa de nivel sau înălţimea unui obiect (în m);

b = aerobaza (fotobaza), măsurată în mm pe fotograme;

H = înălţimea de zbor (în m).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În relația 14.11 valoarea (a lui h) este similară cu echidistanța curbelor de nivel (e).

Exemplu: se cere trasarea curbelor de nivel cu echidistanța e = 10 m, pentru care s-a calculat valoarea p_x = 2,5 mm:

- pentru aceasta, trebuie cunoscută cota unui punct, de ex. H_A = 350 m, din zona cuprinsă pe partea comună a cuprului de stereograme: aşadar, vor trebui trasate curbele de nivel cu valori din 10 în 10 m mai mari sau mai mici decât 3650m;

- se plasează cuplul de stereograme sub stereopantomentru şi se obține modelul stereoscopic;

- se aduce marca de lucru în dreptul punctului A şi se manevrează şurubul micrometric al stereomicrometrului până când marca coboară sau urcă la nivelul cotei H_A:

- pornind din punctul A, se urmăresc versanții, menționând mereu aceeaşi valoare a paralaxei, în timp ce creionul va desena curba de 350 m; pentru a trasa curbe de nivel cu valori mai mari de 350 m, cunoscând echidistanța e = 10 m şi paralaxa corespunzătoare p_x = 2,5 mm, se acționează şurubul micrometric din dreapta spre înainte, până când pe cele două scări se va citi o valoarea a paralaxei cu 2,5 mm mai mare; în acelaşi timp marca a urcat față de punctul A şi urmărind din nou versanții, se va trasa curba de 360 m.

- se procedează la fel, adăugând la stereomicrometrul câte 2,5 mm în plus şi trasând curbele de nivel de 370, 380 m ş.a.;

- pentru trasarea unor curbe de nivel cu valori mai mici de 350 m, se vor înregistra mereu la stereometru valori ale paralaxei mai mici cu câte 2,5 mm.

Stereopantometrul este un aparat de restituție mult mai practic; fiind mai stabil, permite o mai uşoară şi mai sigură urmărire a detaliilor de pe cuplul de aerofotograme.

Interpretoscopul este un aparat de restituție expeditivă perfecționat, construit pentru interpretarea în laborator a fotogramelor terestre şi aeriene. În

țara noastră, este utilizat ***interpretoscopul de tip C „Carls Zeiss-Jena".*** Acest aparat permite o bună iluminare a fotogramelor, are o optică de transmisie foarte bună și permite să se lucreze mai simplu și comod.

Principalele părți componente ale acestui interpretoscop sunt (*Fig. 107*): 1,9 – butoane pentru rotirea imaginii fotogramelor în jurul axei Z; 2,8 – butoane pentru iluminarea corectă a fotogramelor; 3,7 – butoanele sistemului panoreatic, pentru observarea imaginii fotogramelor la aceeași scară, la scări mărite sau micșorate; 5 – oculare; 4,6 – scări liniare; 10,11 – moletele pentru fixarea contrastului pe fotograme și purtătoare ale mărcilor; 12 – sistemul pentru alegerea obiectivelor de observare, pentru mărirea de la 2x la 6x, sau de la 5x la 15x; 13 – pârghia (manșonul) pentru mișcarea generală a sistemului pancreatic pe direcția axei Y; 14 – idem, pentru direcția axei X; 15 – întrerupător pentru iluminarea pupitrului; 16 – întrerupător pentru iluminarea moletelor; 17 – plăci de cristal pentru fixarea fotogramelor; 18, 19 – ventilatoare.

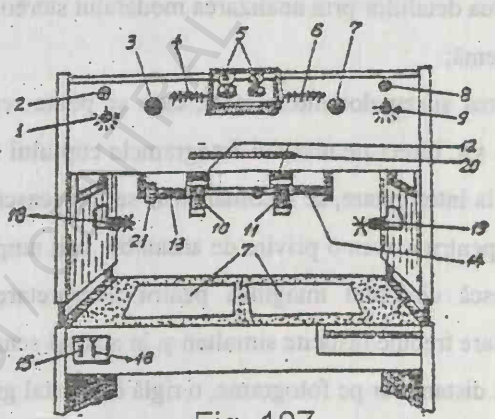


Fig. 107

Fig. – 107- ***Interpretoscopul C „Carl Zeiss-Jena"***

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Caracteristicile de bază ale interpretoscopului sunt:

- aşezarea şi orientarea simplă a fotogramelor (sub plăcile de cristal); posibilitatea de exploatare uşoară a stereomodelului (prin deplasarea liberă cu mâna a sistemului optic de observare); modificarea continuă şi nu în trepte a măririi imaginii de la 2x la 6x şi de la 5x la 15x; preluarea diferenţelor de scară ale fotogramelor de până la 1/3 sau 1/7,5 cu obiectivi de schimb, cu ajutorul unui sistem panoreatic; un câmp vizual pentru măsurători de 200 mm; posibilitatea de rotire a imaginilor de până la 200; precizia maximă de măsurare a paralaxelor orizontale de 0,02 mm; iluminarea de sus pentru exploatarea fotogramelor pozitive şi de jos pentru exploatarea fotogramelor negative şi diapozitive; posibilitatea de observare a două benzi vecine pe o zonă comună de 8 cm şi posibilitatea de observarea a cuplului de stereograme în acelaşi timp de doi operatori, aparatul fiind dotat cu două binoculare.

Cu ajutorul interpretoscopului se pot efectua următoarele operaţiuni:

- interpretarea detaliilor prin analizarea modelului stereoscopic de către un specialist în problemă;

- transpunerea sistemelor interpretate, care se poate realiza cu creioane, mine, tuş, carioca ş.a. direct pe una din fotogramele cuplului sau prin apreciere pe alte materiale; la interpretare, se recomandă să se folosească iniţial o scară de mărire mai mică, pentru a avea o privire de ansamblu mai amplă asupra zonei şi apoi să se rărească continuu imaginea pentru interpretarea de detalii (cu butoanele 3 şi 7, care trebuie răsucite simultan şi în acelaşi sens);

- măsurarea distanţelor pe fotograme, o riglă de cristal gradată (în lungime de 325 mm gradaţii milimetrice iar pentru ultimii 10 mm la zecime de mm), ce se aşează peste fotograme cu partea gradată în jos şi observată din ocular;

- măsurarea interferenţelor de nivel dintre puncte, prin măsurarea diferenţelor de paralaxă orizontală p_x (milimetri citindu-se pe scala milimetrică 20, iar zecimile pe sutimile de milimetru pe tamburul 21);

- măsurători cu ajutorul unor şabloane speciale, pentru determinarea unor geometrice ale obiectelor din cuprinsul fotogramei sau o numărătoare şi clasificare după mărime şi formă a lor;

- marcarea punctelor (un cilindru cu ac de punctare), având ca scop transmiterea stereoscopică şi marcarea artificială pe fotograme a punctelor necesare determinării reperilor fotogrammetrici pentru redresare, executării aerotriangulaţiei şi exploatării punctelor în detaliu.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

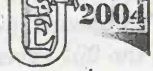
BIBLIOGRAFIE

1. ANSON R.W., ORMFLING F.I. (1994) – *Basic cartographic for students and tehnicions. Exercices manual* London, New York.
2. ARHIP O. (1961) – *Topografie*, Ed. Agro-Silvică, Bucureşti
3. BĂICAN V. (1988) – *Cartografie – Topografie. Lucrări practice*, Ed. Univ. „Al.I.Cuza" – Iaşi
4. BĂICAN V. (2001, 2003) – *Topografie.* Ed. Univ. „Al.I.Cuza" – Iaşi.
5. – " - (2003) – *Cartografie. Lucrări practice.* Ed.Univ."Al.I.Cuza"-Iaşi.
6. – " - (2002, 2003) – *Cartografie.* Ed. Univ. « Al.I.Cuza » - Iaşi.
7. – " - (2004) – *Dicţionar de Cartografie - Topografie.* Ed. TEHNO-PRESS – Iaşi.
8. BORD JEAN-PAUL (1994) – *Initiation geographique on comment visualiser son information*, C.D.U. et SEDES reunis, Paris.
9. BÂRSAN A. (1980) – *Topografie, geodezie şi fotogrammetrie.* Ed. Ceres
10. BURACU M. (1963) – *Aparate optice militare*, Ed. Militară, Bucureşti.
11. CIURILEANU D.I. (1952) – *Tabele de coordonate topometrice.* Ed. Teh., Bucureşti.
12. CIURILEANU D.I. (1957) *Tabele stadimetrice*, Ed. Tehnică, Bucureşti.
13. COSTĂCHEL A. (1950-1951) – *Topografie* Vol. I, II, Ed. Institutului de Cartografie, Bucureşti.
14. COSTĂCHEL A., MIHAIL D. (1950) – *Topografie.* , E.S.A.C., Bucureşti.
15. DEACONESCU C. ş.a.(1979)- *Topografie şi desen tehnic*, E.D.P., Buc.
16. DONISĂ I. ş.a. (1980) -*Aerofotointerpretarea geografică.* E.D.P., Bucureşti.
17. DRAGOMIR V., ROTARU M. (1970) – *Topografie militară*, Ed. Militară, Bucureşti
18. FILIMON R. (1952) – *Manual de topografie şi hărţi topografice.* Ed. C.G. Bucureşti.
19. FILIMON R. (1962) – *Topografie*, E.D.P., Bucureşti.
20. FONDELLI MARIO (1991) – *Manuale di topografia.* Volume terra. Ed. Luterza, Bari-Roma
21. GAVRILOV GH., GAVRILOV L. (1985) – *Lucrări practice de topografie*, Centrul de multiplicare al Institului Politehnic „ Gh.Asachi",Iaşi.
22. GIURESCU M.M. (1975) - *Determinarea valorii pantelor terenului pe planuri şi hărţi topografice*, Univ. Bucureşti.
23. GRAMA I., IONESCU P., RĂDULESCU M. (1964) – *Topografie şi desen tehnic,* E.D.P., Bucureşti.
24. GRIUNBERG GH. I. (1991)–*Kartografia s osnovami topografii*, Moskva.
25. HANNIG E., KISS FR., MITRICĂ D. (1966) – *Topografie.*E.D.P. Buc.
26. KEATES J.S. (1996*) Understanding Map Second Edition*, London
27. LEVALLOIS J.J. (1988)–*Mesures la Terre- 100 ans de Geodesie Francaise de la Terre do Chatelet an Satelite. Plesses de l'ecole nationale*

des fonts et chausses. Paris
28.MÁRTON G., ZEGHERU N. (1972) – *Fotogrammetrie*, Ed. Ceres, Buc.
29.MIHAIL D. (1952) – *Topografie*. Ed. Institutul de Construcţii, Bucureşti.
30.NĂSTASE ANTON (1983) – *Cartografie – Topografie*. E. D. P., Buc.
31.NĂSTASE A., OSACI COSTACHE GABRIELA (2000) – *Topografie-Cartografie. Lucrări practice*. Ed. Fund. „România de mâine", Univ. „Spiru Haret", Bucureşti.
32.NEAMŢU M. ş.a. (1982) – *Instrumente topografice şi geodezice*, Ed. Teh. Bucureşti.
33.ROBINSON A.H. ş.a. (1995) – *Elements of cartography*. Ed. VI, New York
34.RUSSU A. (1974) – *Topografie cu elemente de geodezie şi fotogrammetrie*, Ed. *Ceres* Bucureşti
35.RUSU A., BOS A., KISS A. (1982) – *Topografie – Geodezie*, E.D.P. Buc.
36.SĂNDULACHE AL., SFICLEA V (1966,1970) – *Cartografie – Topografie*, E.D.P. Bucureşti.
37.SFICLEA V., BĂICAN V. (1983) – *Topografie*. Centrul de multiplicare al Universităţii „Al. I. Cuza" Iaşi
38. * * * (1960) – *Atlas de semne convenţionale*, Bucureşti
39. * * * (1960) – *Atlas de semne convenţionale pentru hărţile topografice la scările 1:10.000 şi 1:5.000*. Ed. D.T.M., Bucureşti
40. * * * (1962) - *Atlas de semne convenţionale caractere de scriere şi prescurtări pentru hărţile topografice la scările 1:25.000, 1:50.000 şi 1:100.000*. Ed. D.T.M. Bucureşti.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TIPARUL EXECUTAT LA
IMPRIMERIA EDITURII UNIVERSITĂȚII
„ALEXANDRU IOAN CUZA" DIN IAȘI
700511 Iași, Păcurari 9, tel./fax 0232 314947
Format: 70×100/16
Coli tipo: 10,25
Apărut: 2004
Comanda: 350



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY